



**2014**

JAHRESBERICHT





# 2014

JAHRESBERICHT



# INHALT

## EDITORIAL ..... 06

## PROFIL

Die Fraunhofer-Gesellschaft .....	10
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT .....	12
Kurzprofil des Fraunhofer ICT-IMM .....	14
Fraunhofer ICT-IMM in Zahlen .....	17
Organigramm des Fraunhofer ICT-IMM .....	18
Netzwerke des Fraunhofer ICT-IMM .....	20

## PRODUKTBEREICHE

Dezentrale und Mobile Energietechnik .....	24
Mikrofluidische Analysesysteme .....	28
Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik .....	32
Medizinische Sonden und Technische Sensorik .....	36
Nanopartikel Technologien .....	40
Zukunftstechnologien .....	44

## HIGHLIGHTS

DIANA – Energieversorgung für Flugzeuge .....	50
REACTION – Optischer Glukose-Sensor zur kontinuierlichen Blutzuckermessung .....	51
CALORI – Detektoren für die Plasmatomographie .....	52
BIOGO – Biotreibstoffe aus nachhaltigen Quellen .....	53
ANTIOBTI – Beschichtung von Knochenimplantaten .....	54
MAusKat – Detektion von Gefahrstoffen in kritischen Infrastrukturen .....	55
POCYTON – Miniaturisierte Durchflusszytometrie .....	56
NEUWalk – Pionierarbeit in der Neuroprothetik .....	57

## ANHANG

Messen & Veranstaltungen 2014 .....	60
Konferenzen 2014 .....	62
Publikationen .....	66

## IMPRESSUM ..... 74



„Nichts ist wertvoller als eine  
gemeinsame Geschichte und  
Mitarbeiter, die sich mit ihrem  
Institut identifizieren.“

PROF. DR. MICHAEL MASKOS

# LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Wow! Das erste volle Jahr als Mitglied der angesehenen Fraunhofer-Familie liegt hinter uns. Ich wische mir einen imaginären Schweißtropfen von der Stirn: der Beginn einer Integrationsphase ist immer die schwierigste Zeit. Nicht nur unterschiedliche Unternehmenskulturen treffen aufeinander, sondern auch verschiedene Systeme, Verwaltungsabläufe und Arbeitsweisen. Insofern war 2014 für alle Mitarbeiter ein intensives Jahr des Verstehens, Lernens und Arbeitens.

Neben der ohnehin herausfordernden Tagesarbeit mit allen laufenden Projekten hat uns dies Einiges abverlangt. Vieles wurde Fraunhofer-konform angepasst. Vom Internetauftritt über unsere Druckschriften und Flyer bis zum gemeinsamen Messeauftritt mit unseren Kollegen auf dem Gemeinschaftsstand haben wir die gesamte Außerdarstellung des IMM umgestaltet. So konnten wir schon im ersten Jahr gemeinsam Flagge zeigen.

Manchem von uns dürfte die Veränderung unserer guten alten IMM-Welt nicht ganz leicht gefallen sein. Zumal die Auswirkungen jeden einzelnen Arbeitsplatz tangiert haben. Über 20 Jahre lang waren wir das IMM, die Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH. Das geht nicht spurlos an einem vorbei, das schüttelt man nicht mal so eben ab. Und das ist auch gut so! Denn nichts ist wertvoller als eine gemeinsame Geschichte und Mitarbeiter, die sich mit ihrem Institut identifizieren. Aber wir wissen: Diese Arbeit lohnt sich für uns. Mitglied der Fraunhofer Gesellschaft zu sein, bringt uns eine Vielzahl von Vorteilen. Ruf, Bekanntheit und Potenzial der Fraunhofer Gesellschaft in Deutschland und international sind unschätzbar. Wir werden profitieren von der größeren Sichtbarkeit, der Vernetzung und dem Austausch mit den anderen Instituten.

Und eines dürfen wir nie vergessen: Fraunhofer wollte uns als neues Familienmitglied gewinnen, weil wir exzellente Forschungs- und Entwicklungsarbeit leisten. Das heißt, auch wir als IMM haben etwas zu bieten. So wie Fraunhofer bei uns, werden auch wir wertvolle Impulse in die Organisation zurückgeben.

Und wenn wir unsere Stärken ausspielen, werden wir hier und da auch selbst mit einem Leuchtturmprojekt der Gemeinschaft unseren Stempel aufdrücken.

Im Moment sind das noch Visionen. Allerdings durchaus konkrete, die wir nun durch unsere Arbeit realisieren. Vieles muss sich noch einspielen, muss noch besser koordiniert werden. Nicht umsonst veranschlagt man fünf Jahre als Zeitspanne für eine gelungene Integration.

Viel kommt darauf an, mit welcher Motivation und mit welchem Elan wir die Aufgabe angehen. Erfolgreiche Integration ist stets ein Nehmen und Geben. Nur wenn wir die Aufgabe so begreifen, werden wir aktiv und selbstbewusst den uns zustehenden Platz in der größten deutschen Gemeinschaft für angewandte Forschung einnehmen. Daran werden wir in den nächsten Jahren gemeinsam arbeiten.

Für heute möchte ich mich bei meinen Mitarbeitern für ihr unermüdliches Engagement bedanken. Ich bin stolz auf das, was Sie geleistet haben! So braucht uns um die Zukunft nicht bange zu sein – im Gegenteil!



**PROF. DR. MICHAEL MASKOS**  
INSTITUTSDIREKTOR FRAUNHOFER ICT-IMM



**PROFIL**

# 66



**INSTITUTE UND  
FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN**  
(DEUTSCHLANDWEIT)

# 24.000



**MITARBEITERINNEN  
UND MITARBEITER**



**FORSCHUNGSVOLUMEN**  
(IN EURO)

**< 30 %**

FINANZIERUNG VON  
BUND UND LÄNDERN

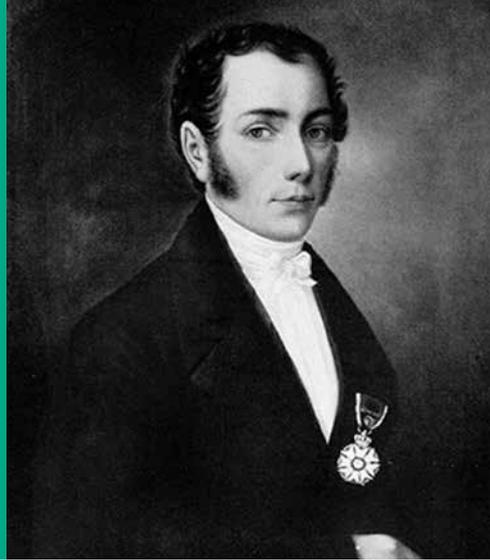


**VERTRAGSFORSCHUNG**  
(IN EURO)

**> 70 %**

INDUSTRIE UND  
ÖFFENTLICH  
FINANZIERT  
FORSCHUNG-  
PROJEKTE

Joseph von Fraunhofer



# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und Forschungseinrichtungen. Knapp 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen

für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

# FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE ICT

Das Fraunhofer ICT hat die Patenschaft übernommen, das ehemalige Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH auf dem Weg zum Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik zu begleiten. Die Forschungsthemen des jetzigen Teilinstitutes ICT-IMM sind weitgehend komplementär zu denen des Fraunhofer ICT und es werden dadurch viele neue Kooperationsmöglichkeiten zwischen beiden Einrichtungen entstehen.

Das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT ist eines der größten und aufgrund der Gründung bereits im Jahre 1959, eines der etablierten Institute der Fraunhofer Gesellschaft. Inklusive der Außenstellen des Institutes waren 2014 ca. 850 Personen am Fraunhofer ICT beschäftigt. Am Hauptstandort in Pfinztal bei Karlsruhe forschen und entwickeln aktuell über 550 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an „Energetischen Materialien“, „Energetischen Systemen“, „Angewandter Elektrochemie“, „Polymer Engineering“ und „Umwelt Engineering“. Die Gesamtfläche des Institutes in Pfinztal beträgt 200.000 m<sup>2</sup>, davon entfallen 25.000 m<sup>2</sup> auf Laboratorien, Büros, Technika, Werkstätten, Prüfstände und Infrastruktur. Entsprechend dieser ausgezeichneten Infrastruktur mit zum Teil großserienfähigen Anlagen im Technikums- und Industriemaßstab legt das Institut einen besonderen Schwerpunkt auf die Entwicklung und Umsetzung von neuen Materialien, Verfahren und Produkten bis zur vorserienreifen Anwendung. Gut ausgestattete und unter neuesten Erkenntnissen der Sicherheits- und der Energietechnik ausgerüstete Labore sowie alle in der Forschung auf unseren Arbeitsgebieten notwendigen Analyse- und Testverfahren sind am Fraunhofer ICT etabliert. Wissenschaftliche Anbindung hat das Fraunhofer ICT an mehrere Universitäten und Hochschulen, insbesondere an das Karlsruher Institut für Technologie KIT. Kunden und Projektpartner werden vom Fraunhofer ICT, wenn gewünscht, von der ersten Idee bis zur Prototypenphase oder auch bis zur Kleinserienentwicklung begleitet. Die Kunden und Projektpartner kommen überwiegend aus den Bereichen Automobil und Verkehr, Energie und Umwelt, Verteidigung und Sicherheit sowie Chemie und Verfahrenstechnik.

## Energetische Materialien

Chemische und verfahrenstechnische Prozess- und Materialentwicklung verbunden mit sicherheitstechnischem Know-how bilden die Kernkompetenz des Produktbereichs Energetische Materialien. Die langjährige Erfahrung bei der Entwicklung von Treib- und Explosivstoffen sowie von pyrotechnischen Komponenten bildet die Grundlage für die sichere Entwicklung und Verarbeitung energiereicher Substanzen – von der Herstellung der Rohprodukte bis zur Produktion von Kleinserien und Demonstratoren. Im Rahmen der Sicherheitsforschung erarbeitet das Institut Verfahren und Testroutinen für die Explosivstoffdetektion und entwickelt Brandschutz für gefährdete Komponenten. Der Bereich Energetische Materialien bietet Forschung und Entwicklung für die chemisch orientierte Industrie und Kunden aus den Geschäftsfeldern Chemie, Energie und Umwelt sowie Verteidigung, Sicherheit, Luft- und Raumfahrt.

## Energetische Systeme

Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Produktbereich Energetische Systeme sind die Erzeugung, der Umsatz, die Wandlung und die Speicherung von Energie in zivilen und wehrtechnischen Anwendungen. Weitere Aktivitäten für industrielle und öffentliche Auftraggeber beschäftigen sich mit nicht-letalen Wirkmitteln, der Analyse von Sicherheitsrisiken reaktiver und explosionsfähiger Stoffe und Prozesse, energieeffizienten Speichersystemen und reaktiven funktionalen Schichten. Für die Bearbeitung von Projekten mit explosiven Substanzen stehen modernste Laboratorien und Messtechniken zur Verfügung. Die einzigartige Infrastruktur erlaubt die Untersuchung reaktiver Vorgänge im Realmaßstab.



### Angewandte Elektrochemie

Batterien, Brennstoffzellen, elektrochemische Sensoren und Analysesysteme sind die Arbeitsschwerpunkte des Produktbereichs Angewandte Elektrochemie. Die zivilen und wehrtechnischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reichen von der Materialcharakterisierung und -optimierung bis zur Methodenentwicklung und Herstellung von Prototypen. Umfangreiche Test- und Entwicklungsmethoden für Brennstoffzellen, Batterien und Komponenten werden entwickelt und als Serviceleistung angeboten. Neben einer umfassenden Laborausstattung stellt der Bereich Angewandte Elektrochemie den Kunden ein breites elektrochemisches Know-how zur Verfügung.

### Polymer Engineering

Ein Schwerpunkt des Kompetenzbereichs Polymer Engineering ist die Auseinandersetzung mit Zukunftsthemen der Kunststofftechnologie wie beispielsweise der Entwicklung von neuartigen Werkstoffen für den 3-D-Druck. In den Blickpunkt der Materialforschung rücken zunehmend maßgeschneiderte geschäumte Werkstoffsysteme, die sich mit ihren optimierten Eigenschaften unter anderem als Kernmaterialien für hoch belastbare Sandwichstrukturen eignen. In der Prozessentwicklung spielen unter den neuen Themen vor allem integrierte Reaktivverfahren wie z. B. die reaktive Extrusion eine Rolle, welche chemische Synthesen oder Werkstoffmodifikationen im kontinuierlich arbeitenden Reaktionsextruder ermöglichen. Aktuelle Forschungsprojekte wie die Synthese von biobasiertem PLA belegen ein hohes Synergiepotenzial in der Polymerchemie bei der Zusammenarbeit zwischen Kunststoff-Ingenieuren und Chemikern des Produktbereiches Umwelt Engineering.

### Umwelt Engineering

Der Produktbereich Umwelt Engineering bearbeitet seit über 15 Jahren erfolgreich Projekte im Bereich ressourceneffizienter Produktionsverfahren und neuartiger Prozesse. Schwerpunkt bildet die chemische Verfahrenstechnik kombiniert mit innovativen Syntheseprozessen. Dadurch eröffnet das ICT den Kunden ein breites Produktportfolio, das sich von speziellen Rohstoffströmen über Werkstoffplattformen bis hin zu neuen polymeren Materialien und Funktionswerkstoffen (Smart Materials) entwickeln lässt. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die forschungsbegleitende Umweltqualifikation technischer Produkte durch standardisierte oder kundenspezifisch entwickelte Testmethoden

#### Kontakt

Prof. Dr. Peter Elsner  
Telefon +49 721 4640-401  
[peter.elsner@ict.fraunhofer.de](mailto:peter.elsner@ict.fraunhofer.de)

# KURZPROFIL DES FRAUNHOFER ICT-IMM

Die Entwicklung unserer Gesellschaft ist heute stärker denn je geprägt durch technologischen Fortschritt. Die steigende Lebenserwartung der Bevölkerung sowie der stetig wachsende Bedarf an Energie und Ressourcen sind eine große Herausforderung für viele Industriezweige und auch für die mit den entsprechenden inhaltlichen Fragestellungen beschäftigten Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen. Das Fraunhofer ICT-IMM schlägt die Brücke von der Grundlagenforschung zur Anwendung, denn die Entwicklungen durchlaufen unser Institut von der Idee über die Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung bis hin zu ihrer Umsetzung in kundenspezifische Lösungen mit Produktrelevanz. Dabei werden gleich mehrere Themenbereiche vereint, in denen an den Antworten der wirtschaftlich und gesellschaftlich relevanten Fragestellungen der Zukunft gearbeitet wird.

## Anwendungsorientiert und interdisziplinär

Wir entwickeln unsere Anwendungen nicht nur mit und für die Industrie, sondern sind ebenso an deren projektorientierter Fortentwicklung interessiert. So arbeiten wir gemeinsam in durch Bund, Länder und EU kofinanzierten Projekten mit Unternehmen der Wirtschaft sowie Forschungseinrichtungen und Universitäten an den Fragestellungen der Zukunft.

## Produktbereiche

- Dezentrale und Mobile Energietechnik
- Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik
- Medizinische Sonden und Technische Sensorik
- Mikrofluidische Analysesysteme
- Nanopartikel-Technologien

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Entwicklungen finden hauptsächlich in den Geschäftsfeldern Energie und Umwelt, Chemie, Verfahrenstechnik und Luft- und Raumfahrt, Biomedizinische Analytik und Diagnostik und Sicherheit sowie Industrielle Analytik Anwendung. Ergänzt werden diese Produktbereiche auf technologischer Seite durch Know-how in mechanischen Präzisionsbearbeitungsverfahren, Funkerosion, Lasermaterialbearbeitung sowie durch eine Reihe von Reinraum basierten chemischen und physikalischen Strukturierungsverfahren.



## UNSERE PHILOSOPHIE

Mit unserer Forschungsarbeit leisten wir tagtäglich einen wichtigen Beitrag für Wirtschaft und Gesellschaft. Ein Statement, das unser Bewusstsein als Gruppe maßgeblich prägt. Wir wissen was wir tun, warum wir es tun und wo wir hin wollen. Werte und Visionen helfen uns, den Kurs zu halten und geben Rückenwind.

### Mission Statement

Das Fraunhofer ICT-IMM forscht und entwickelt in den Geschäftsfeldern Energie und Umwelt, Chemie, Verfahrenstechnik, Luft- und Raumfahrt, Biomedizinische Analytik und Diagnostik, Sicherheit sowie Industrielle Analytik. Dabei schlagen wir die Brücke von der Grundlagenforschung zur Anwendung. Unsere Entwicklungen durchlaufen das Institut von der Idee über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zu ihrer Umsetzung in kundenspezifische und marktnahe Ergebnisse. Wir entwickeln nicht nur Lösungen mit der und für die Industrie, sondern sind ebenso an der projektorientierten Fortentwicklung unserer Fähigkeiten interessiert. So arbeiten wir auch gemeinsam in durch Bund, Länder und EU ko-finanzierten Projekten mit Unternehmen der Wirtschaft sowie Forschungseinrichtungen und Universitäten an den Fragestellungen der Zukunft. Uns zeichnet vor allem die Vielfältigkeit unseres Könnens aus. Wir haben uns nicht nur auf ein Gebiet spezialisiert, sondern sind Experten in der Synergiegewinnung aus mehreren Gebieten. Somit sind wir für unsere Kunden ein wertvoller Partner, wenn es um die Verwirklichung zukunftsweisender Visionen geht.

### Vision

Als Mitglied der Fraunhofer-Gesellschaft bieten wir unseren Partnern und Kunden Forschungsleistungen von exzellenter Qualität. In diesem Bewusstsein wollen wir als Vertragsforschungseinrichtung einen Spitzenplatz in Europa erreichen und halten.

Dabei steht für uns das Bemühen um einen nachhaltigen Beitrag zur Gestaltung von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt an erster Stelle. Unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern räumen wir im Rahmen unseres Projektgeschäfts Freiräume für kreatives und inspiratives Arbeiten ein, damit wir als Institut Forschungsinnovationen von Rang entwickeln können.

# UNSER ANSPRUCH

Hohe Erwartungen stellen wir vor allem an unsere Arbeit, unsere Mitarbeiter und auch an unsere Partner. Wir sehen diese Erwartungen jedoch nicht als Druckmittel, sondern vielmehr als Herausforderung, uns selbst in Sachen Qualität und Innovation immer wieder zu übertreffen. Eine Erfolgsformel, die sich seit Jahren bewährt hat.

## Höchstleistung ist fester Bestandteil unserer Institutskultur

Unser Handeln ist geprägt durch den Anspruch, all unser Tun bestmöglich zu verrichten. Dies schließt ein, dass wir unsere Fähigkeiten ständig weiterentwickeln und verbessern. Unser Anspruch ist dabei stets, die Erwartungen und Wünsche unserer Auftraggeber und Partner zu übertreffen. Die Zufriedenheit unserer internen und externen Kunden ist für uns ein maßgeblicher Erfolgsfaktor. Mit unseren Innovationen tragen wir zur Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden in ihrer Region, in Deutschland und Europa bei. In unserer Forschung beachten wir die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis. Der achtsame und verantwortungsbewusste Umgang mit neuen Technologien ist für uns selbstverständlich.

## Wirtschaftlichkeit

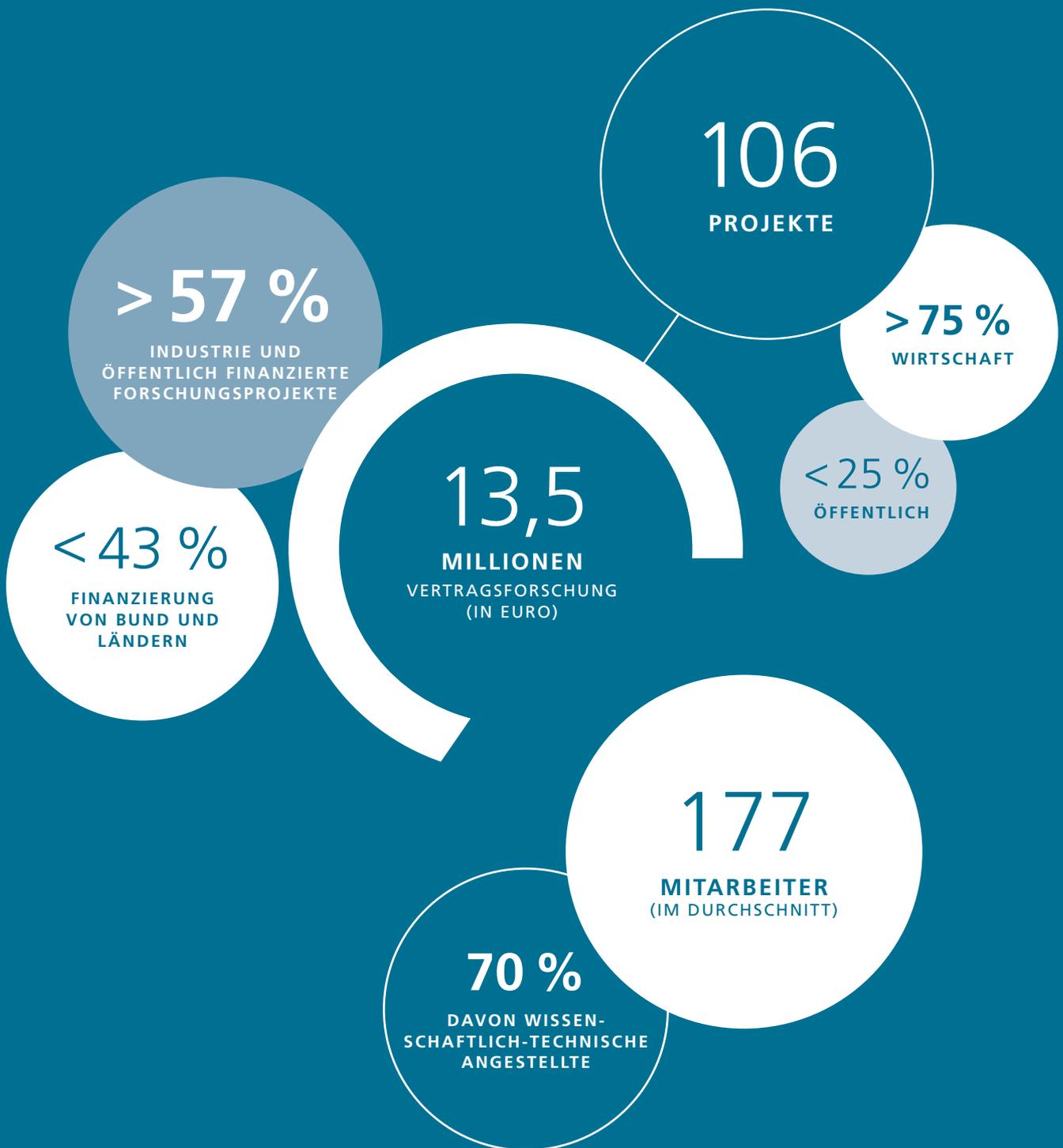
Die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft führen Vertragsforschung im Kundenauftrag und öffentlich geförderte Vorlauforschung durch. Wir finanzieren unseren Haushalt zu großen Teilen selbst. Unsere Projekte der öffentlichen Vorlauforschung richten wir auf wirtschafts- und gesellschaftsrelevante Themen aus, so dass sich unmittelbare Anknüpfungspunkte für die nachfolgende Auftragsforschung für unsere Kunden ergeben. Wir setzen wissenschaftliche Erkenntnisse in nutzbare Innovationen um und leisten damit einen Beitrag zu Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung.

## Mitarbeiter

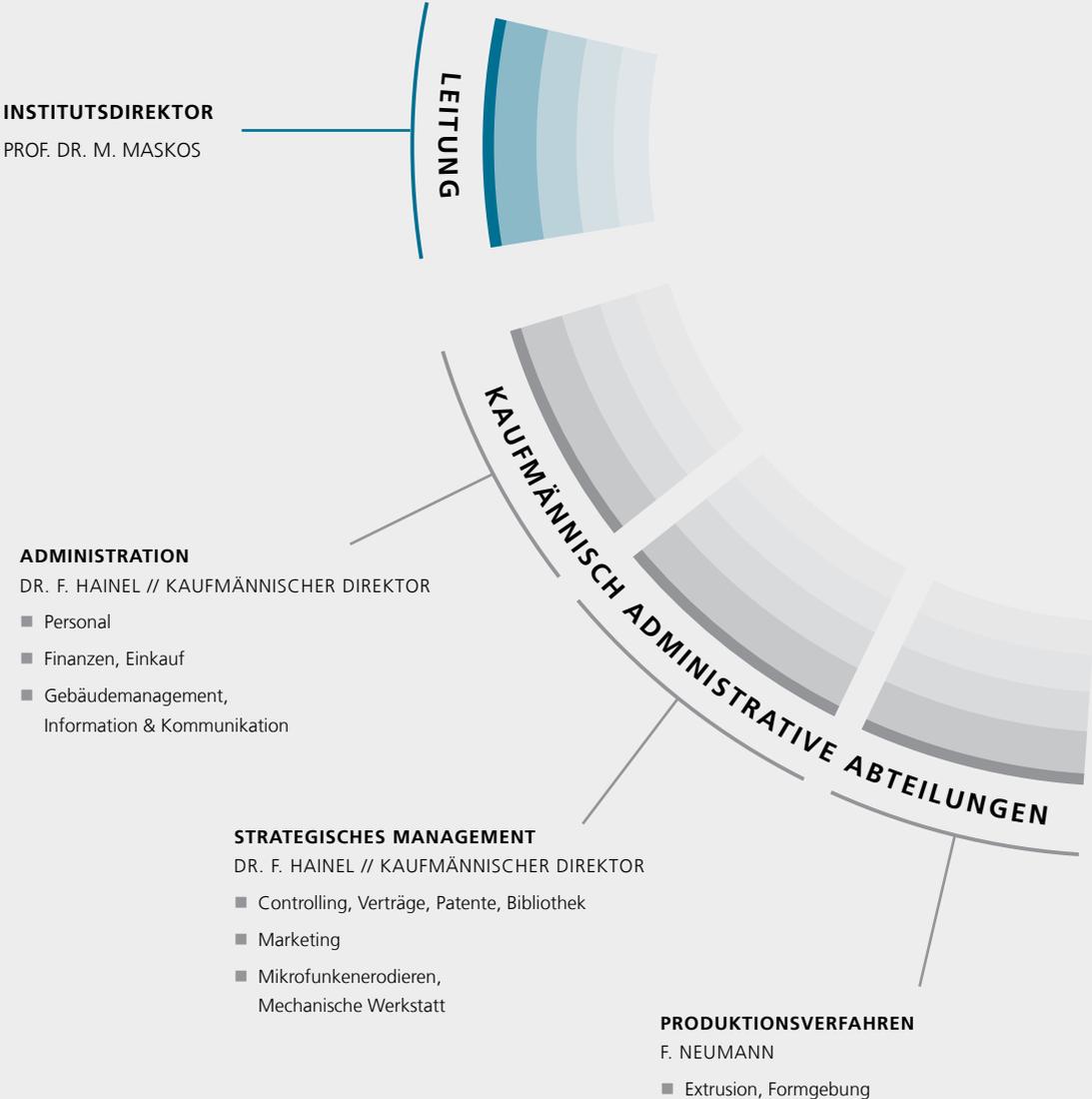
Unsere Institutskultur ist geprägt von eigenverantwortlich handelnden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die Projekte in interdisziplinär arbeitenden Teams zum Erfolg führen. Der inhaltliche und wirtschaftliche Erfolg unserer Projekte wird bestimmt von der Erfahrung, vom Wissen, vom Können und vom Einsatz unserer Mitarbeiter. Deshalb fördern wir unsere Mitarbeiter durch kontinuierliche und zielgerichtete Aus- und Fortbildung, damit sie auch künftig den sich ständig verändernden Anforderungen der Märkte gerecht werden können. Ebenso glauben wir, dass erfolgreiche Forschung am besten in ausgewogenen Teams praktiziert werden kann. Aus diesem Grund setzen wir auf Vielfalt, das kreative Potenzial beider Geschlechter, verschiedener Altersstufen, Kulturen und Fachrichtungen. Zum Schutz der Gesundheit unserer Belegschaft stellen wir hohe Ansprüche an die Arbeitssicherheit und die Qualität des Arbeitsumfeldes und der Arbeitsplätze.

# 2014

## FRAUNHOFER ICT-IMM IN ZAHLEN



# ORGANIGRAMM FRAUNHOFER ICT-IMM



## ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

DR. K. S. DRESE // WISS. DIREKTOR

- Modellierung
- Strategische Forschungsentwicklung

## PROZESSDESIGN

PROF. DR. H. LÖWE // WISS. DIREKTOR

- Kooperation JGU Organische Chemie

## KONTINUIERLICHE CHEMISCHE VERFAHRENSTECHNIK

DR. P. LÖB

- Durchflusschemie
- Prozess- & Anlagenentwicklung
- Durchflussfotochemie

## MEDIZINISCHE SONDEN UND TECHNISCHE SENSORIK

DR. P. DETEMPLE

- Mikrosensorik & Systemkomponenten
- Integration & Strukturanalytik
- Laser & Optik

## NANOPARTIKEL TECHNOLOGIEN

PROF. DR. M. MASKOS

- Nanopartikelsynthese
- Nanoanalytik
- Bio-Nano-Grenzflächen

## MIKROFLUIDISCHE ANALYSESYSTEME

DR. K. POTJE-KAMLOTH

- Biophysikalische Analytik
- Biodiagnostik
- Fluidik
- Chemische Analytik

## DEZENTRALE UND MOBILE ENERGIETECHNIK

PROF. DR. G. KOLB

- Katalyse
- Prozess- & Reaktordesign

WISSENSCHAFTLICHE ABTEILUNGEN

# NETZWERKE DES FRAUNHOFER ICT-IMM

Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und wissenschaftlichen Exzellenz ist uns eine enge Vernetzung mit Forschungseinrichtungen und Multiplikatoren besonders wichtig. Unsere Wissenschaftler und Ingenieure kooperieren daher mit Hochschulen, Instituten und Unternehmen im In- und Ausland bei kurz- und langfristig angelegten Entwicklungsprojekten. Enge Verbindungen zu Partnern in der Region sind für uns dabei von besonderer Bedeutung.





### STUDIENARBEITEN UND DISSERTATIONEN

UNIVERSITÄT MAINZ // FH MAINZ //  
TU DARMSTADT // TU KAISERSLAUTERN //  
HOCHSCHULE RHEINMAIN //  
FH FRANKFURT



### NETZWERKE

CENTER OF SMART INTERFACES // DUAL  
CAREER NETZWERK RHEIN-MAIN //  
MAINZER WISSENSCHAFTS-ALLIANZ e.V. //  
Ci3 – CLUSTER FÜR INDIVIDUALISIERTE  
IMMUNINTERVENTION



### KOOPERATIONEN UND PERSONALAUSTAUSCH

UNIVERSITÄT MAINZ // MPI  
FÜR POLYMERFORSCHUNG  
MAINZ

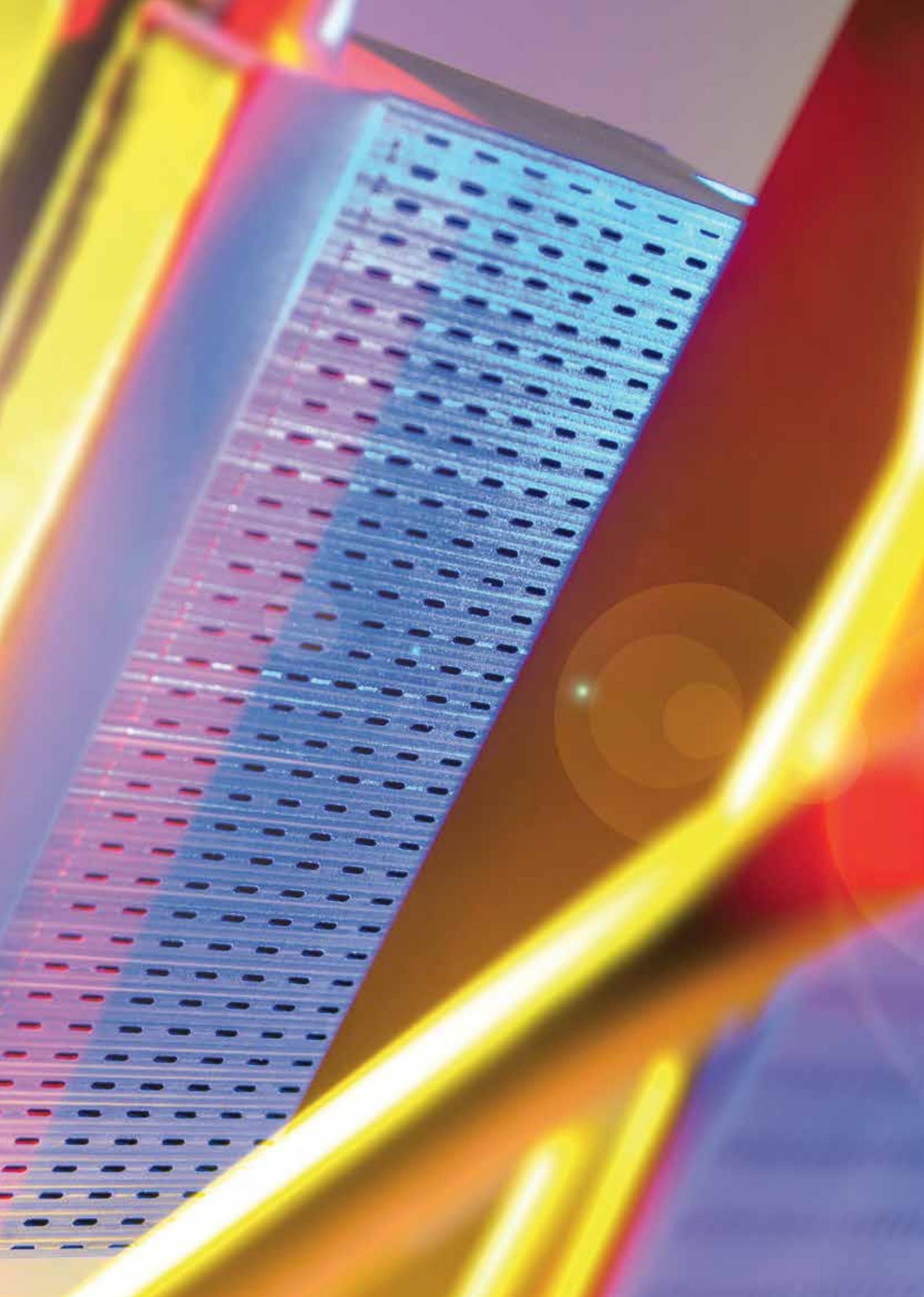
## REGIONALES NETZWERK

## FORSCHUNGS- NETZWERK

BMBF-PROJEKT-PARTNER // TU EINDHOVEN NL //  
EU-TECHNOLOGIE PLATTFORMEN //  
EU-PROJEKT-PARTNER // BAM BUNDESANSTALT  
FÜR MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG //  
DECHEMA // PROCESS-NET



# PRODUKTBEREICHE



1 Folgeverbundwerkzeug zur kostengünstigen Massenproduktion mikrostrukturierter Reaktoren  
2 Vom ICT-IMM entwickelter Dieselreformer



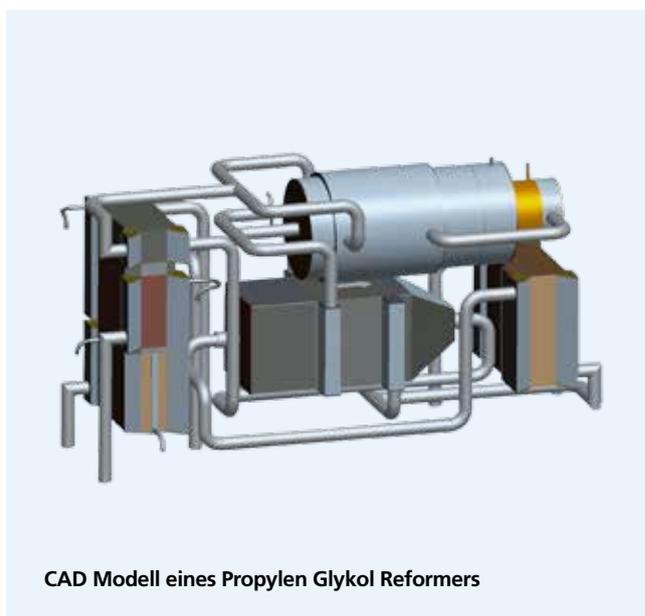
# DEZENTRALE UND MOBILE ENERGIETECHNIK

Der Produktbereich Dezentrale und Mobile Energietechnik entwickelt Systemkomponenten und Komplettlösungen für die energietechnischen Probleme unserer Zeit. Zusammen mit unseren Partnern aus der Fraunhofer Gesellschaft, aus Deutschland und dem europäischen Ausland forschen wir für unsere Kunden an neuen energietechnischen Verfahren.

Von der Idee über das Systemdesign, dem Komponentenbau, dem Aufbau von Prototypen und den Funktionstest bieten wir Lösungen aus einer Hand. Auch im Hinblick auf Fertigungstechnik und Produktion haben wir die Antworten parat – damit unsere Ergebnisse wirtschaftlich attraktiv sind.

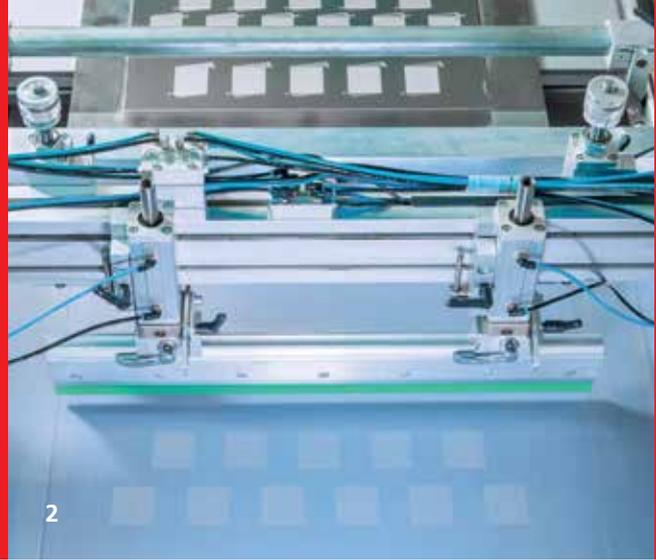
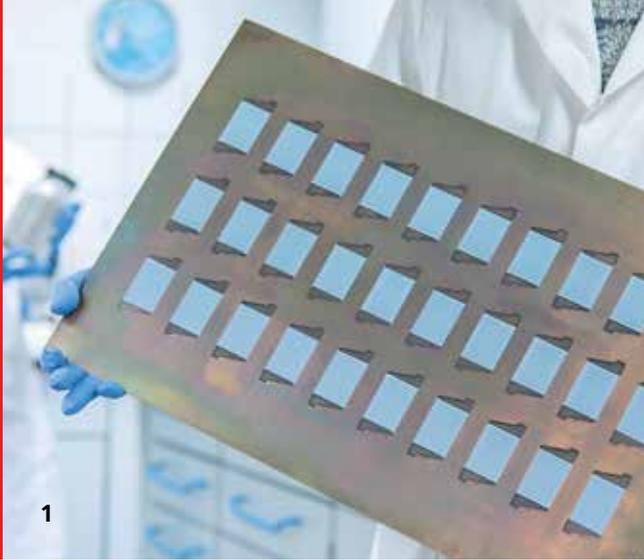
Der Produktbereich hat eine mikrostrukturierte Plattenwärmeübertragertechnik zur Serienreife entwickelt, die durch die Beschichtung mit Katalysatoren als chemische Reaktoren eingesetzt werden können. Die Reaktoren können durch eine patentierte Kombination von Präge-, Biege- und Stanzvorgängen kostengünstig gefertigt werden, die Beschichtung mit Katalysator kann mittels Siebdruck erfolgen, als Füge-technik steht ein Laserschweißprozess zur Verfügung. Der Produktbereich verfügt über umfangreiche Erfahrungen mit Reaktionssystemen und Stoffgemischen im Temperaturbereich von  $-250^{\circ}\text{C}$  bis  $1.200^{\circ}\text{C}$  und Drücken bis mehreren 100 bar.

Die Anwendungsfelder unserer Technologie sind vielfältig und umfassen die Klimatisierungstechnik für mobile und dezentrale stationäre Anwendungen, Abgasbehandlungssysteme, die Wasserstoffbereitstellung für Brennstoffzellen (Reformiertechnik), dezentrale Treibstoffsynthesen auf der Basis regenerativer Rohstoffe, chemische und elektrochemische Speicherverfahren



**CAD Modell eines Propylen Glykol Reformers**

für regenerative Energie und sicherheitstechnische Systeme auf der Basis katalytischer Verbrennung für unterschiedlichste Anwendungen. Den Anwendungsbereichen entsprechend bedienen wir Kunden aus der Automobilindustrie, der Luftfahrtindustrie, der chemischen und petrochemischen Industrie ebenso wie Energieversorger und Anlagenbauer.



## KATALYSATORENTWICKLUNG UND -BESCHICHTUNG

Die Gruppe Katalysatorentwicklung des Produktbereiches beschäftigt sich mit angewandter Katalyse. Die entwickelten Katalysatoren werden an die Gegebenheiten der jeweiligen Anwendung angepasst. In der Regel werden die Katalysatoren als Beschichtungen in den Plattenwärmeübertragern oder in metallischen und keramischen Monolithen von dezentralen Anlagen eingesetzt. Daraus ergibt sich ein völlig anderes Anforderungsprofil als dies bei großindustriellen Prozessen der Fall ist. So werden die dezentralen Anlagen unter anderem häufig intermittierend betrieben und die Katalysatoren können während der Stillstandzeiten dem Luftsauerstoff ausgesetzt werden.

Die Serviceleistungen decken die Präparation und Charakterisierung (auch mit externen Partnern) der Katalysatoren, das Screening neuer Katalysatorformulierungen, beschleunigte Aktivitäts- und Stabilitätstests und die Bestimmung der Langzeitstabilität der Katalysatoren unter realistischen Bedingungen ab.

Für diese Forschungsarbeiten stehen neun Versuchsanlagen im Labormaßstab zur Verfügung, die vollautomatisch im Dauerbetrieb betrieben werden können und mit online-Analytik ausgestattet sind. Für die unterschiedlichen gasförmigen, flüssigen und überkritischen Reaktionsgemische steht ein Park von ca. 20 on-line Geräten zur Verfügung. Unsere Analysemethoden sind Massenspektrometrie (MS), Gaschromatografie (GC), gekoppeltes GC-MS, schnelle mikro-GCs und FTIR. Die Katalysatoren können durch Imprägnierung vorher beschichteter Trägermaterialien oder der pulverförmigen Träger selbst mit nachfolgender Beschichtung oder durch Imprägnierung der



*Reaktorplatten mit unterschiedlichen  
Katalysatoren beschichtet*

Träger mit dispergierten Nanopartikeln und durch eine Reihe anderer Methoden hergestellt werden.

Die Beschichtung der Reaktoren mit Katalysator erfolgt bei größeren Stückzahlen anders als bei den Prototypen nicht händisch, sondern über ein eigens entwickeltes Siebdruckverfahren, was die Herstellungskosten der Komponenten deutlich verringert und wirtschaftlich attraktiv macht.

- 1 30 mit Katalysator beschichtete Reaktorplatten auf einer Edelstahlplatte
- 2 Siebdruckmaschine zur Katalysatoraufbringung
- 3 Gasreinigungssystem für einen 5 kW<sub>el</sub> Kompletterformer
- 4 250 W<sub>el</sub> Kompletterformer für Flüssiggas



3



4

## REFORMER / CHEMISCHE ENERGIESPEICHER

Die Wasserstoffbereitstellung für Brennstoffzellen durch katalytische Konversion fossiler und regenerativer Energieträger in mikrostrukturierten Plattenwärmeübertragern ist eine zentrale Kompetenz des Produktbereiches. Gerade durch den Einsatz der Plattenwärmeübertrager kann für mobile und dezentrale Applikationen eine Erhöhung der Kompaktheit des Systems bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung erzielt werden. So kann der Prozess des Wasserdampfpreformierens, der durch seinen endothermen Charakter Energie verbraucht, direkt mit katalytischer Verbrennung gekoppelt werden, wodurch Abgasströme des Systems mit maximaler Effizienz genutzt werden können.

Das Portfolio der Brennstoffe, mit denen im Produktbereich bereits Erfahrung besteht, umfasst einfache Alkohole wie Methanol und Ethanol, Polyalkohole, leichte Kohlenwasserstoffe wie Erdgas und Flüssiggas sowie höhere Kohlenwasserstoffgemische wie Benzin und Diesel.

Die Umwandlung des beim Reformierprozess anfallenden Kohlenmonoxids, das für PEM Brennstoffzellen vergiftend wirkt, wird durch katalytische Konversion erzielt. Die hierfür erforderlichen Reaktionen sind exotherm, weshalb integrierte Kühlfunktionen das Wärmemanagement und die Temperaturführung entscheidend verbessern.

In vielfältigen Anwendungen konnten wir demonstrieren, dass durch den Einsatz der im Produktbereich Dezentrale und Mobile Energietechnik entwickelten Technologien eine Größenreduktion um bis zu 90 % im Vergleich zu konventioneller Technik möglich ist.

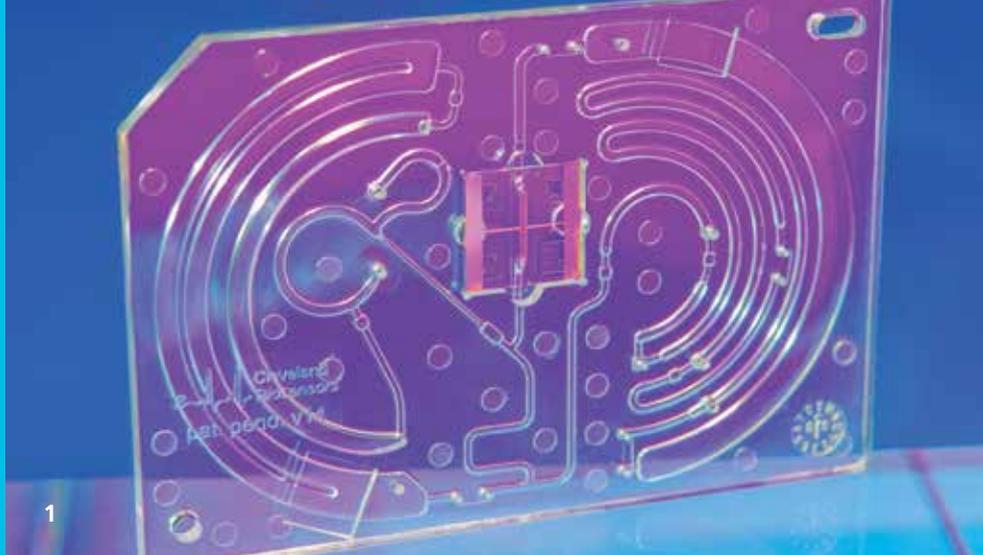
Die chemische Energiespeicherung hat hohes Potential: Sie kann durch regenerative Energieumwandlung erzeugte elektrische Energie, die im Überschuss vorliegt, intelligent konservieren. Unser Produktbereich beschäftigt sich mit neuen Reaktorkonzepten zur Umwandlung von mittels Wasserelektrolyse gewonnenem Wasserstoff mit Kohlendioxid zu Methan. Durch die mikrostrukturierten Wärmeübertrager kann ein verbessertes Wärmemanagement der exothermen Methanisierung erzielt werden. Zudem wird auch die Problematik der Schwefeltoleranz adressiert.

Darüber hinaus beschäftigen wir uns mit elektrochemischen Umwandlungskonzepten für im Überschuss vorliegende regenerativ erzeugte Energie.

### Kontakt

Prof. Dr. Gunther Kolb  
 Abteilungsleiter Dezentrale  
 und Mobile Energietechnik  
 Telefon +49 6131 990-341  
[gunther.kolb@imm.fraunhofer.de](mailto:gunther.kolb@imm.fraunhofer.de)





# MIKROFLUIDISCHE ANALYSESYSTEME

Als einer der Pioniere der Mikrofluidik entwickelt der Bereich Mikrofluidische Analysesysteme des Fraunhofer ICT-IMM vollintegrierte und automatisierte mikrofluidische Systeme und Bauteile. Anwendungen stammen aus den Bereichen Medizinische Diagnostik und Therapieüberwachung, Umweltanalyse, Biosicherheit, Nahrungsmittelkontrolle, industrielle Analytik sowie Prozessmesstechnik.

Unter einem mikrofluidischen System verstehen wir am ICT-IMM die Kombination aus mikrofluidischen Ein- oder Mehrwegkomponenten sowie einem zugehörigen Betreibergerät. Oftmals wird dazu das mikrofluidische Bauteil als massenfertigungs-kompatible Einweg-Kunststoffkartusche realisiert. Ein interdisziplinäres Team aus Ingenieuren, Physikern, Biologen und Chemikern bietet Kunden und Partnern dabei den Zugang zur vollständigen Entwicklungs- und Technologiekette. Dies umfasst eine breite Palette von mikrofluidischen und sensorischen Modulen, Konstruktions- und Designwerkzeugen, Fertigungsmethoden sowie Validierungsverfahren, so dass schnell und effizient Kundenanforderungen in der Optimierung von Komponenten oder dem Aufbau von Gesamtsystemen realisiert werden können. Die entwickelten Technologien und Systeme können z. B. in der automatisierten Laboranalytik, für Qualitätskontrollen in Produktionsabläufen sowie als miniaturisierte und portable Systemlösungen für vor-Ort Anwendungen (Point-of-Care/Point-of-Need) genutzt werden.

Wesentliche Erfolge in den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Jahr 2014:

- Im Rahmen des Ci3 Spitzenclusters entwickelt das ICT-IMM das CTcelect Gerät zur Extraktion und Ablage einzelner

Tumorzellen aus Vollblut in Töpfchen einer Mikrotiterplatte. Durch die Analyse der Einzelzellen eröffnen sich für die Krebsforschung neben den diagnostischen Möglichkeiten auf Genomebene durch next generation sequencing (NGS) auch neue Möglichkeiten in Bezug auf die Tumorentwicklung sowie krankheitsrelevante Veränderungen von Tumorzellen (z. B. im Rahmen einer personalisierten Therapie). Im Jahr 2014 gelang es am ICT-IMM alle wesentlichen Systemkomponenten des CTcelect Systems positiv zu validieren, so dass im Jahr 2015 die Systemintegration erfolgen kann.

- Zivile Sicherheit bzw. Biosicherheit sind aktuell diskutierte Themen. Das Fraunhofer ICT-IMM beschäftigt sich im Rahmen des von der European Defense Agency geförderten Projekts BIOTYPE zusammen mit einem europäischen Konsortium mit dem schnellen und hochsensitiven Nachweis von Giftstoffen und Pathogenen, die im Falle eines Terroranschlags in die Luft ausgebracht werden können. Dabei entwickelte das ICT-IMM einen Luftkeimsammler zur Aufkonzentration der Partikel in einer Flüssigkeitsprobe, sowie den anschließenden automatisierten Transport der Probe zum Sensor, welcher auf der Nutzung von hochgenauen optischen Ringresonatoren basiert.



- 1 Ventile für das Fluid Handling
- 2 Integriertes mikrofluidisches System

## MIKROFLUIDISCHER BAUKASTEN FÜR DIE SYSTEMENTWICKLUNG

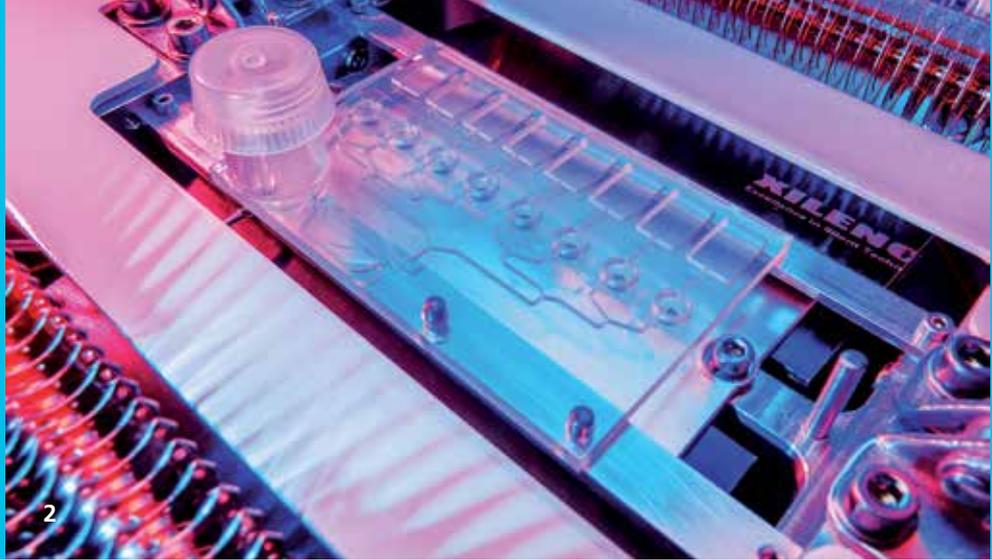
Für die Miniaturisierung und Automatisierung fluidischer Abläufe in mikrofluidischen Systemen stehen am ICT-IMM alle wesentlichen Kompetenzen, technologischen Fertigkeiten und Komponenten zur Verfügung. Grundlage der Entwicklungen ist ein modularer Aufbau, der es erlaubt, einzelne Funktionalitäten schnell abzubilden, welche dann wiederum zu einem integrierten System kombiniert werden können. Auf Basis eines „mikrofluidischen Baukastens“ kann in kurzer Zeit eine Idee bis zum Funktionsnachweis geführt und/oder ein voll funktionsfähiger Demonstrator bis hin zur Nullserie aufgebaut werden. Im Rahmen der anwendungsorientierten Grundlagenforschung erweitern wir den mikrofluidischen Baukasten stetig um neue Funktionalitäten und Module.

Unser mikrofluidischer Baukasten umfasst die folgenden, wesentliche Bausteine und Entwicklungsschritte:

- Analyse und Verständnis der Aufgabenstellung aus biologischer, chemischer und physikalischer Sicht.
- Übersetzung in einen „mikrofluidischen Schaltplan“ für die Kartusche auf Basis unserer umfangreichen Modulpalette, z. B. unter Einsatz eines Probenahme-Interfaces, einer integrierten Probenaufbereitung und (berührungslosen) Sensorik.
- Auslegung des Systems mittels numerischer Simulation und Konstruktion mittels 3D-CAD
- Fertigung und Aufbau der mikrofluidischen Kartusche mit massenfertigungstauglichen Methoden (Spritzguss, Laserschweißen, Pick-and-Place, Ultraschallschweißen, Lyophilisation von Reagenzien, etc.)

- Entwicklung, Konstruktion und Fertigung des zugehörigen, dedizierten Gerätes zum vollautomatischen Betrieb der Kartusche.
- Biologische, chemische und elektro-mechanische Validierung des Gesamtsystems.

Das zentrale Bauteil eines mikrofluidischen Systems ist die mikrofluidische Kartusche (Chip), auf der die Abläufe ausgehend von einem fluidischen „Schaltplan“ implementiert sind. In Analogie zu Leiterbahnen und Bauteilen in der Elektronik sind auf der mikrofluidischen Kartusche Einzelfunktionen unter anderem in Form von Kanälen und Ventilen realisiert. Die hohe Komplexität der physikalischen, biologischen und chemischen Wechselwirkungen zwischen Flüssigkeiten, Kartuschenmaterial und Sensorik erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise in der Entwicklung, um die Anforderungen der Anwendungen mit der technischen Machbarkeit in Einklang zu bringen. Zu jeder Kartusche gehört ein Gerät, das mittels sensorischer und aktuatorischer Schnittstellen den fluidischen Ablauf/Prozess steuert, Daten aufbereitet und mit dem Benutzer oder einer Prozess- und Anlagensteuerung kommuniziert. Die Vollautomatisierung ist wesentlich, um die vom Kunden benötigte Funktionalität des entwickelten Systems umfassend zu validieren.



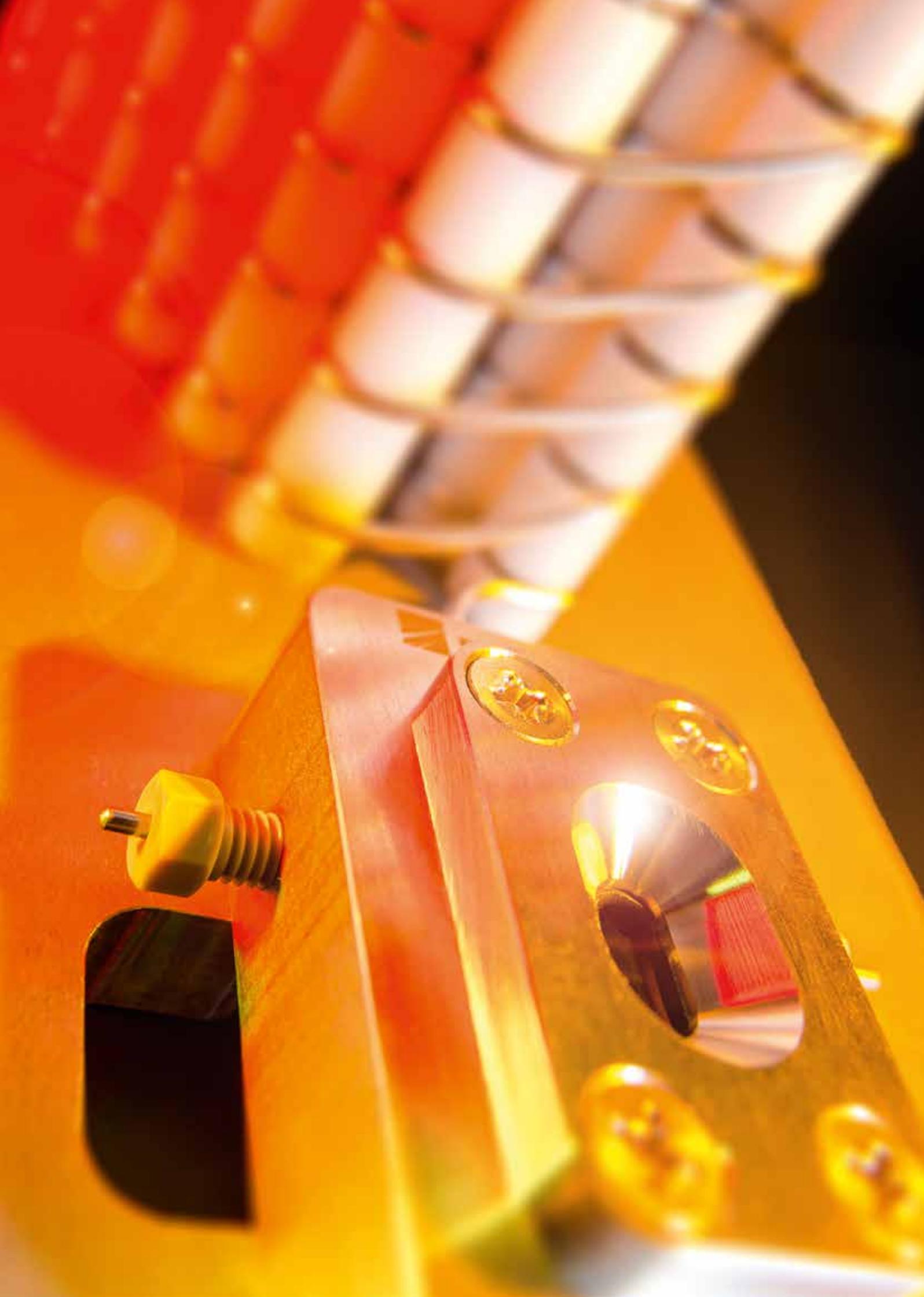
## BIO-ASSAYS / PROBENVORBEREITUNG

Bei der Entwicklung mikrofluidischer Analysesysteme ist es erforderlich, dem Anwender leicht zu bedienende, automatisierte Systeme mit hoher Reproduzierbarkeit zur Verfügung zu stellen. Dabei werden innovative mikrofluidische Konzepte mit erprobten Extraktions- und Analysemethoden kombiniert. Desweiteren ermöglicht der Einsatz derartiger Systeme vor-Ort, in-line oder on-line Messungen, sowie eine integrierte Datenauswertung und -übermittlung gemäß den neusten Kommunikationsstandards (WLAN, BlueTooth, Email, Cloud-Datenspeicherung). Die Herstellungsverfahren der Kartusche und des Gerätes werden so gewählt, dass sie kompatibel sind mit Massenfertigungs- und Montageverfahren. Durch Verfügbarkeit der wesentlichen Fertigungsmethoden am ICT-IMM sowie Anwendungs- und Testlaboren (darunter ein S1-Biolabor) ist es möglich, manuelle Prozessabläufe (wie z. B. Bio-Assays) im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in ein automatisiertes Analysesystem zu integrieren. Durch ein erfahrenes, interdisziplinäres Team aus Biologen, Chemikern, Physikern und Ingenieuren ist eine erfolgreiche Umsetzung gewährleistet, da alle Systeme intern validiert werden können. Darüber hinaus entwickelt und integriert das ICT-IMM im Kundenauftrag neue, innovative Assayverfahren. Dabei wird ein großes Marktpotential den mikrofluidischen Analysesystemen zur mobilen Untersuchung von kleinen Mengen Probenmaterial beigemessen. Das Spektrum reicht von Körperflüssigkeiten wie etwa Blut, Plasma oder Urin über Abstrichproben, Umweltproben (Erde, Wasser) Rohprodukten (Öl, Chemikalien) bis hin zu Nahrungs- und Futtermitteln.

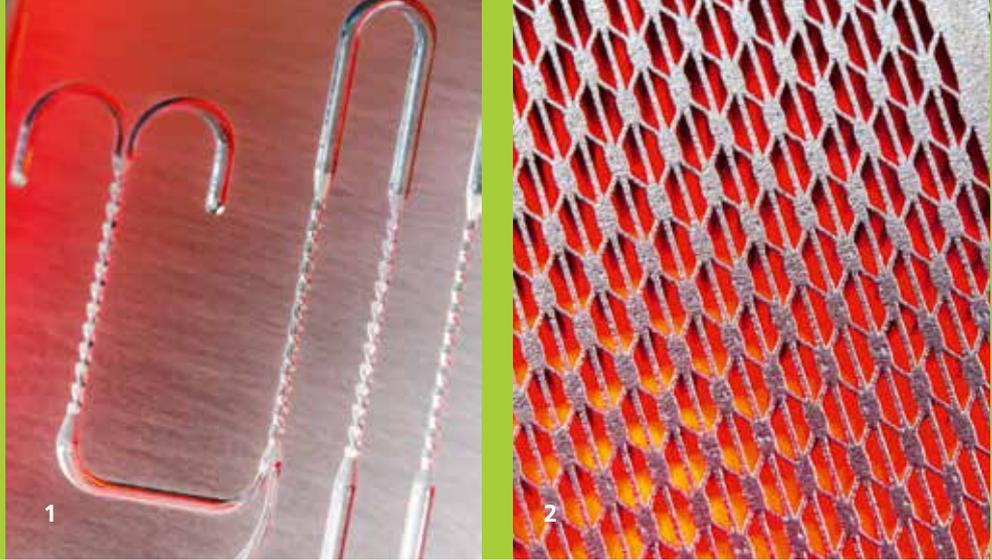
Neben direkten Messverfahren kommen auch Verfahren zum Einsatz, die zum Nachweis der Analyten zunächst diese extrahieren und anreichern müssen. Dabei werden die Analyten zunächst freigesetzt, unerwünschte und störende Bestandteile werden abgetrennt und – falls erforderlich – ankonzentriert. Eine Anwendung hierfür ist beispielsweise die Nukleinsäureextraktion von pathogenen Mikroorganismen aus humanem Probenmaterial. Am ICT-IMM werden hierzu Systeme entwickelt, die nach dem physikalisch-chemischen Aufschluss des Probenmaterials die Nukleinsäuren über adsorptionschromatographische Verfahren (Silica-Membranen oder Magnetpartikel) anreichern und mittels nachfolgender Amplifikations- und Analyseverfahren (fluoreszenz-basierende quantitative PCR) nachweisen. Durch ein breites biologisches und chemisches Methodenportfolio ist es möglich, neben der grundlegenden Umsetzung, Optimierung und Integration von Standard-Assays auch gänzlich neue biologisch/chemische Assayverfahren zu entwickeln, die nicht nur für eine mikrofluidische Umgebung geeignet sind.

### Kontakt

Dr. Karin Potje-Kamloth  
Abteilungsleiterin Mikrofluidische  
Analysesysteme  
Telefon +49 6131 990-247  
karin.potje-kamloth@imm.fraunhofer.de



- 1 Mikromischer auf Reaktionsplatte
- 2 Wärmetauscherstruktur



# KONTINUIERLICHE CHEMISCHE VERFAHRENSTECHNIK

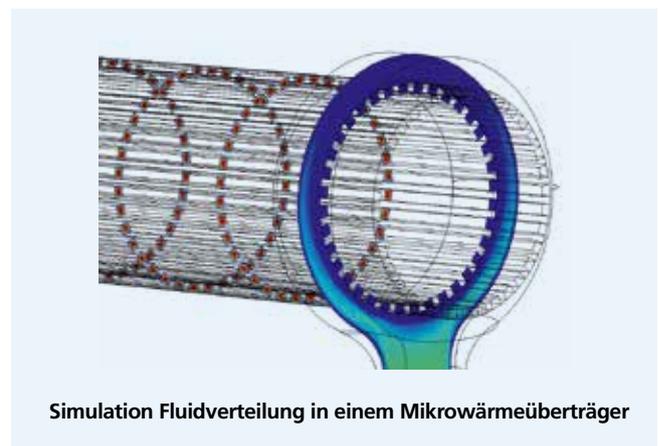
Der Produktbereich Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik entwickelt und optimiert chemische Produktionsprozesse. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reichen von chemischer Prozessentwicklung im Bereich der organischen Chemie bis zur Entwicklung innovativer Reaktoren und neuartiger Anlagenkonzepte. Neben einer umfassenden Laborausstattung stellen wir unseren Kunden ein breites chemisches, verfahrenstechnisches und fertigungstechnisches Know-how insbesondere im Bereich kontinuierlicher Synthesen und Prozesse und entsprechender Apparate zur Verfügung.

Insbesondere treibt der Produktbereich die Entwicklung und Realisierung ökonomisch tragfähiger und ökologisch nachhaltiger leistungsfähiger kontinuierlicher chemischer Produktionsprozesse voran. Grundlage und Ausgangspunkt bilden dabei die Methoden und Apparate der chemischen Mikroprozessertechnik. Diese ermöglichen effektive Prozesse durch präzise Einstellung und Kontrolle von Prozessbedingungen, die zu hohen Ausbeuten und hohen Produktqualitäten führen. Außerdem erschließen die Prozesskontrolle und das reduzierte Reaktorvolumen Vorteile für die Prozesssicherheit bei gleichzeitiger Steigerung von Ressourcen- und Energieeffizienz. Weiterführend ermöglichen die Ansätze neuartige flexible Produktionsszenarien in modularen und dezentralen Chemieanlagen.

Zu unseren Kunden zählen im wesentlichen Unternehmen der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Dies schließt sowohl große als auch kleine und mittelständischen Unternehmen mit ein. Wir unterstützen sie bei der Umsetzung neuer Produkte, im globalen Wettbewerb und in der Erfüllung von Nachhaltigkeitsforderungen. Öffentlich geförderte Projekte unter Einbeziehung von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen tragen zur Kompetenzweiterentwicklung und der Erschließung neuer Tätigkeitsfelder bei.

Unsere Kernkompetenz ist die Entwicklung und Optimierung kontinuierlicher chemischer Produktionsprozesse zur Herstellung insbesondere von Fein- und Spezialchemikalien und von pharmazeutischen Zwischenprodukten. Hierbei wird ein integrativer Ansatz für die Prozess-, Reaktor- und Anlagenentwicklung verfolgt.

Wir bedienen schwerpunktmäßig das Geschäftsfeld Chemie/ Pharmazie und gemeinsam mit den anderen Produktbereichen des Fraunhofer ICT-IMM auch das Geschäftsfeld Prozesskontrolle.





## FLOW CHEMISTRY

Mikroreaktoren bzw. allgemeiner Flowreaktoren sind die Basis für kontinuierliche chemische Synthesen und Prozesse. Kontinuierliches Prozessieren wiederum ermöglicht die Überwindung von Limitierungen im Batch-Verfahren und somit die Verbesserung von Prozessen. Wir übertragen Batch-Verfahren in eine kontinuierliche Prozessierung und nutzen bei der Entwicklung neuer Verfahren gezielt deren Vorteile.

Häufig handelt es sich bei den betrachteten Prozessen um Massen- oder Stofftransport limitierte chemische Reaktionen. Bei der Identifikation der Limitierung und der Auswahl und Auslegung geeigneter Reaktoren und Apparate können wir auf einen großen Erfahrungsschatz zurückgreifen. In mehr als 15 Jahren wurden so Ansätze für kontinuierliche Prozesse wie z. B. Ozonolysen, Halogenierungen, Nitrierungen, Hydrierungen, Epoxidierungsreaktionen, Ethoxylierungsreaktionen und Polymerisationen entwickelt.

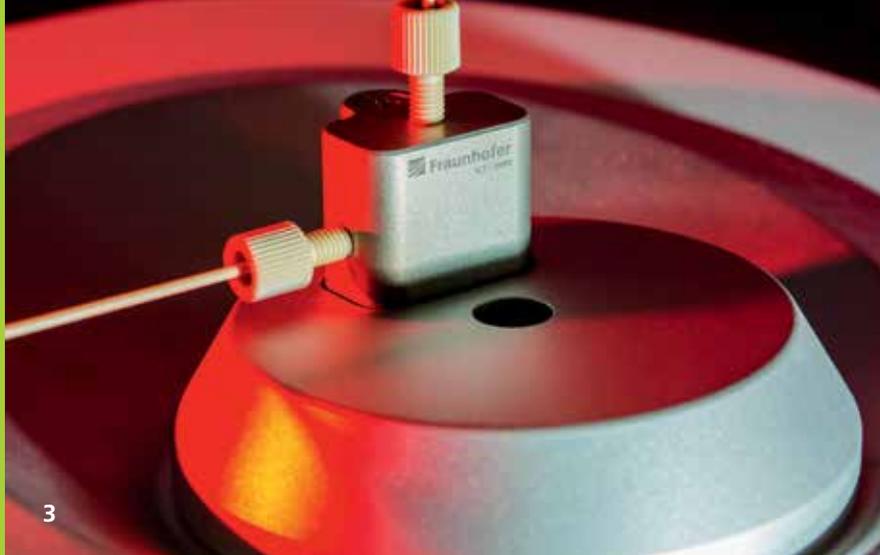
Auf der Basis dieser Erfahrung und unter Nutzung unserer auf kontinuierliche Verfahren ausgerichteten Laborausstattung führen wir experimentelle Prozessentwicklungen durch. Neben der Bearbeitung spezifischer Kundenfragestellungen, wurde im Jahr 2014 insbesondere der Aufbau von Chemieprozesswissen für spezielle und aktuelle Reaktionsklassen in unserem Produktbereich vorangetrieben. Erst ein tiefes Prozesswissen erlaubt die maximale Ausschöpfung der Vorteile kontinuierlicher Verfahren und kontinuierlicher Hochleistungsreaktoren. Ein Schwerpunkt wurde gesetzt in der Photochemie als mildes und „grünes“ Synthesewerkzeug.

Photooxidationen und -oxygenierungen wurden hier insbesondere betrachtet. Heterogen katalysierte organische Reaktionen wie Hydrierungen oder Kreuzkupplungsreaktionen bildeten einen weiteren Fokus, wie auch die in-situ Generierung und Umsetzung von reaktiven Intermediaten wie Diazoverbindungen und Grignard-Reagenzien. Durch die Bündelung des Know-hows mit der Abteilung Nanopartikel Technologien konnte auch die kontinuierliche Synthese von anorganischen und organischen/polymeren Nanopartikeln als Kernkompetenz des Fraunhofer ICT-IMM ausgebaut werden.

Die Entwicklung, Auslegung und Realisierung von mikro- und millistrukturierten Apparaten und Reaktoren vom Labor- über den Pilot- bis zum Produktionsmaßstab für kontinuierliche und intensiviertere chemische Prozesse ist ein weiterer Schwerpunkt unserer Tätigkeiten. Das Design der Reaktoren wird hierbei durch Modellierung und Simulation unterstützt. Für die Fertigung greifen wir sowohl auf die internen Fertigungsmöglichkeiten als auch, in Ergänzung, auf externe Ressourcen zurück. Hauptsächlich werden die Reaktoren aus Metallen gefertigt, aber auch Kunststoff findet üblicherweise Verwendung.

Ergebnis von rund 20 Jahren Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in diesem Bereich ist ein breites Portfolio an Reaktortechnologie, das als Ausgangspunkt für Neuentwicklungen von Mikromischern, Wärmetauschern, elektrischen Wärmeüberträgern, Mikrofallfilmreaktoren, Gasphasenreaktoren, Membranseparatoren und Reaktoren für katalysierte Reaktionen zur Verfügung steht.

- 1 *Miniplant-Reaktionsmodul*
- 2 *Aufstellung mobiler  
Chemieanlagencontainer*
- 3 *Durchflusszelle für  
kompaktes NMR-Gerät*



## PROZESSANALYTIK UND -STEUERUNG

Die Katalysatoreinbringung in verschiedene Reaktoren für organisch-chemische flüssig, flüssig-flüssig oder gas-flüssig Reaktionen ist ein entscheidender Punkt und weiterer Schwerpunkt des Jahres 2014. Neben Festbettlösungen, haben wir insbesondere an der Immobilisierung verschiedener Katalysatorsysteme auf Reaktorwänden gearbeitet. Trägersysteme sind dabei anorganische Metalloxide, aber auch durch Plasmapolymersation aufgebrachte Polymerdünnschichten. Im Fall magnetischer Nanopartikel stellt die magnetische Fixierung einen Sonderfall dar.

Für die Etablierung einer Technologie ist die Verfügbarkeit von Fertigungsverfahren für die kostengünstige Realisierung größerer Produktionsreaktoren und größerer Stückzahlen unverzichtbar. Wir arbeiten an der Weiterentwicklung der entsprechenden Verfahren und an modular aufgebauten Reaktorkonzepten, die auf kostengünstig mittels Walzen strukturierten Blechen aufbauen, im Gegensatz zu nass-chemisch geätzten Platten.

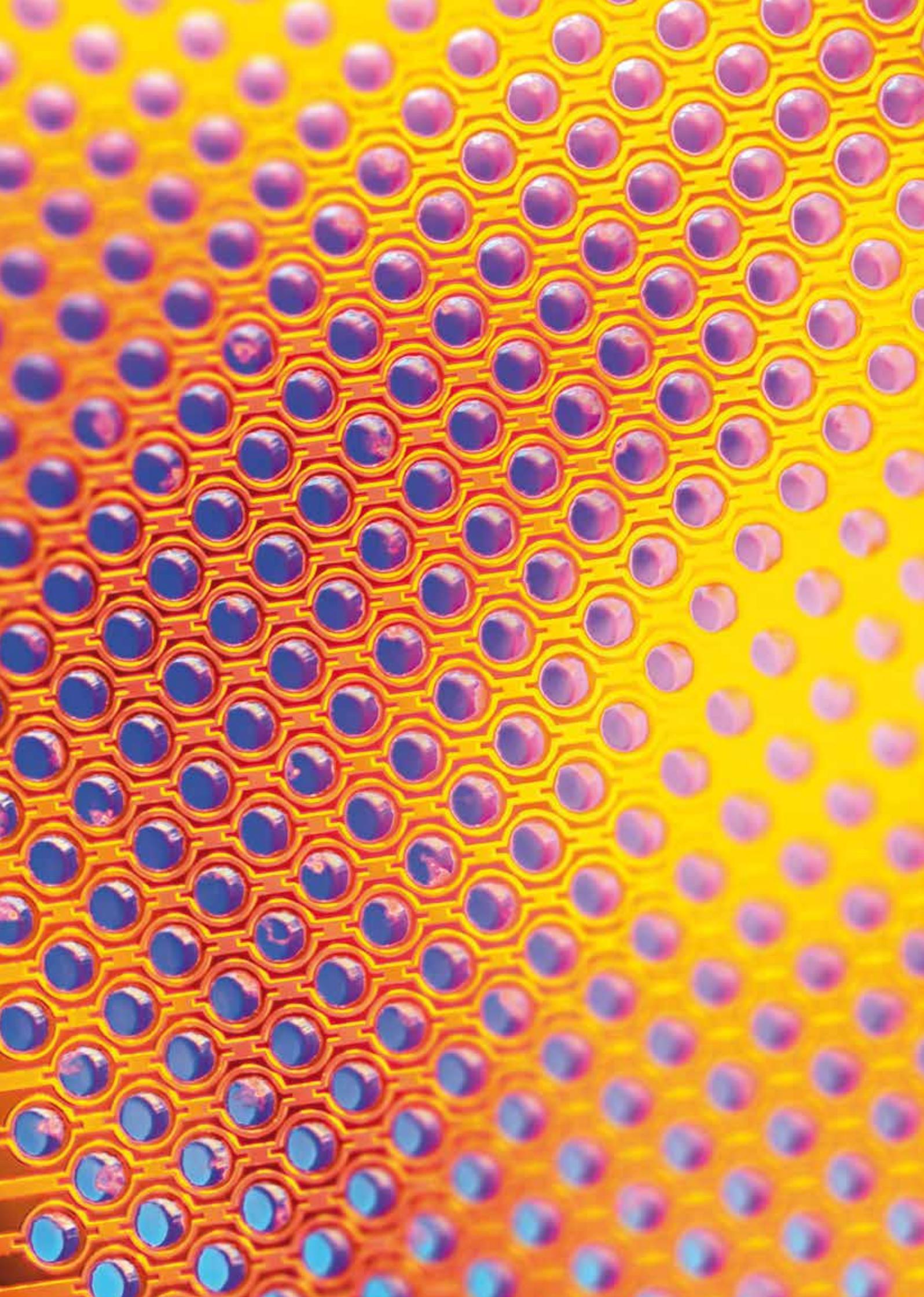
Die Zusammenstellung von kleinen Anlagen für kundenspezifische Zwecke und die Integration unserer Reaktorsysteme in flexible und mobile Produktionsanlagenkonzepte runden unser Tätigkeitsfeld ab.

Mikroreaktoren ermöglichen die verbesserte Kontrolle über Prozessbedingungen; teilweise wird dabei in recht harsche Bereiche vorgedrungen. Die räumlich aufgelöste und zeitlich enge Erfassung von Prozessdaten spielt für eine Prozesssteuerung hier eine besondere Rolle. Gleichzeitig bildet dies sowohl die Grundlage für die Prozessdokumentation als auch für eine automatisierte Produktion.

Neben der Erfassung von Druck, Temperatur und Flussraten ist auch die chemische online-Analytik wichtig. So setzen wir z. B. eine mit einer ATR-IR-Sonde ausgestattete miniaturisierte Durchflusszelle in einer Anlage für die insitu-Generierung von Grignard-Reagenzien ein. Weiterhin arbeiten wir an einem Probenahmesystem für die Integration eines NMR-Benchtopgeräts in eine kontinuierliche Kleinanlage für die Synthese fluorierte Verbindungen. Im Jahr 2014 haben wir mit der Erschließung eines möglichst nahtlosen Übergangs von Kontrolle von Laborversuchen hin zur Automatisierung in Produktionsanlagen begonnen.

### Kontakt

Dr. Patrick Löb  
Abteilungsleiter Kontinuierliche  
Chemische Verfahrenstechnik  
Telefon +49 6131 990-377  
patrick.loeb@imm.fraunhofer.de



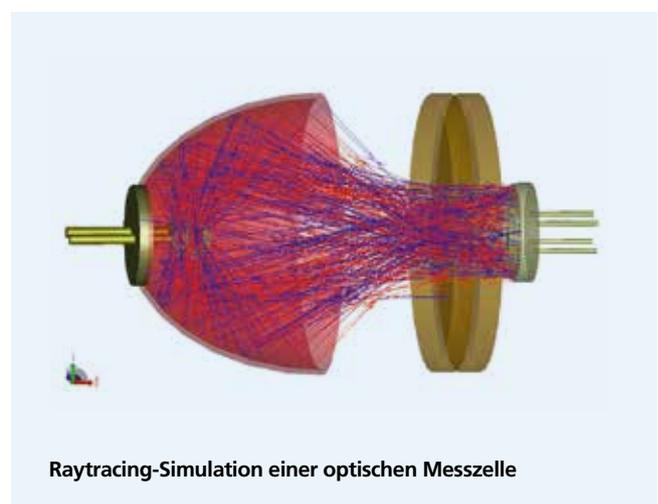


# MEDIZINISCHE SONDEN UND TECHNISCHE SENSORIK

Arbeitsschwerpunkt des Produktbereichs Medizinische Sonden und Technische Sensorik ist die Entwicklung kundenspezifischer Sensoren und Systemkomponenten, bis hin zu vollständigen Messsystemen mit Datenaufnahme und -auswertung, für den Einsatz in der industriellen Messtechnik und Analytik, der Medizintechnik sowie der Forschung.

Unseren Forschungspartnern und Kunden bieten wir eine breite, langjährig gewachsene Expertise in der Auslegung, Entwicklung und Fertigung von MEMS-Komponenten, als auch von analytischen Messsystemen auf der Basis optischer Nachweisverfahren. Die grundsätzliche Zielrichtung liegt dabei auf der Erarbeitung anspruchsvoller, innovativer Lösungen, die hinsichtlich Funktion, Leistungsfähigkeit und gelebtem Anspruch an die Fertigungstechnologie jenseits des Stands der Technik liegen. Industriellen Kunden bieten wir damit eine leistungsfähige Entwicklungsplattform zur Realisierung neuer Produkte. Auftraggeber aus der Forschung erhalten für ihre speziellen, messtechnischen Fragestellungen maßgeschneiderte Lösungen. Das Leistungsspektrum reicht von Simulation und Design über Fertigungsentwicklung und Realisierung von Demonstratoren bis hin zur Pilotserienfertigung in reproduzierbarer, dokumentierter Prozess- und Produktqualität. Für die Produktumsetzung steht die sehr breite Technologiebasis des Fraunhofer ICT-IMM zur Verfügung, die von silizium- und dünnschichttechnologischen Verfahren über Laserbearbeitung bis hin zu präzisionsmechanischen Bearbeitungsverfahren reicht. Unsere Forschungspartner und industriellen Auftraggeber profitieren von dieser Technologiebandbreite, insbesondere auch dadurch, dass zu einer gegebenen Entwicklungsfragestellung der in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht aussichtsreichste Weg beschritten werden kann.

Die Kombination von Verfahren und Prozessen der unterschiedlichen Technologiefamilien ermöglicht es außerdem, neue, unkonventionelle Wege bei der Anwendungsentwicklung zu beschreiten und entwicklungsbegleitende Fragestellungen zu Umsetzungserfolg und Wirtschaftlichkeit verlässlich zu beantworten. Die Leistungsqualität des Produktbereichs spiegelt sich in einer hohen Zahl langjährig wiederkehrender Kunden aus Industrie und Forschung wider.



Raytracing-Simulation einer optischen Messzelle



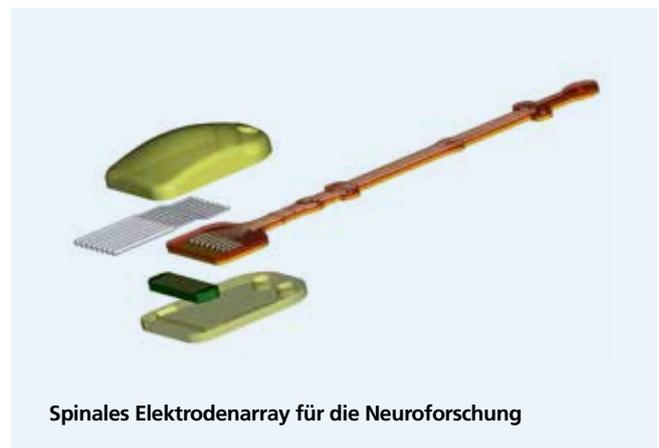
- 1 *Optische IR Durchflusszelle*
- 2 *Bolometer für die Plasmafusion*
- 3 *Spinales Elektrodenarray*

## KUNDENSPEZIFISCHE MESSTECHNIKENTWICKLUNG

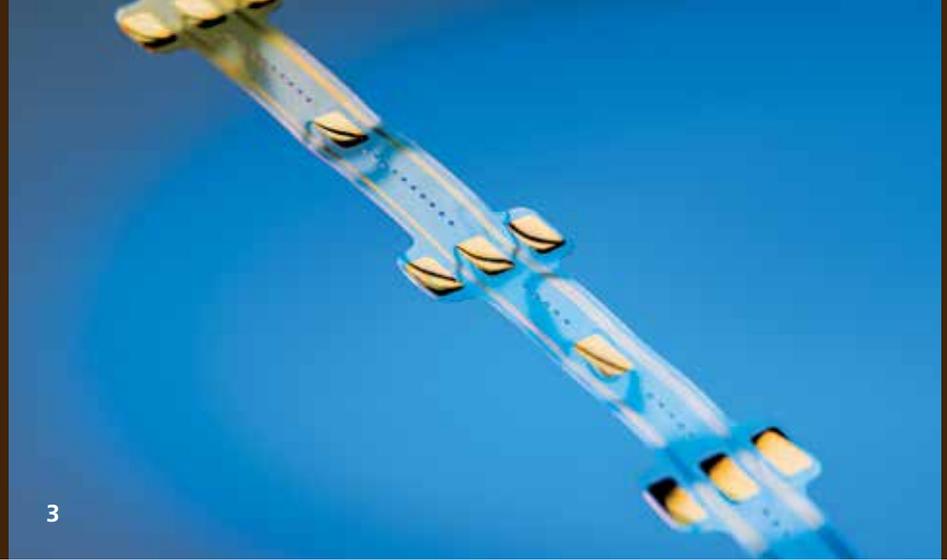
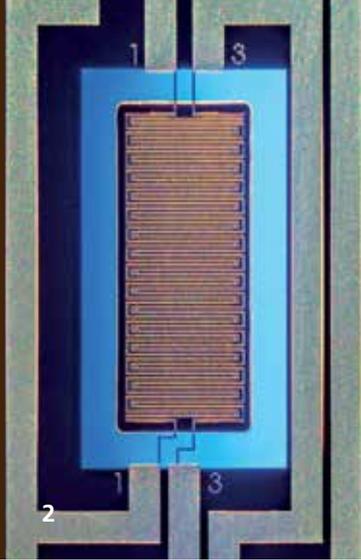
Zu den Kernkompetenzen des Bereichs zählt die Entwicklung MEMS-basierter Sensorik und Systemkomponenten für den Einsatz in anspruchsvollen industriellen Produkten, als auch für spezielle Anwendungen in der experimentellen Spitzenforschung. Neben einem hochentwickelten Know-how in der Umsetzung spezifischer Kundenanforderungen in Produktanwendungen, bildet das Rückgrat der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hier eine leistungsstarke, fertigungstaugliche Reinraum-Prozesslinie. Hinzu kommen zahlreiche Verfahren der Aufbau- und Verbindungstechnik zur Integration der realisierten Mikrokomponenten in kundenspezifische Subsysteme und Geräteentwicklungen. Insbesondere enthält das Prozessportfolio hochentwickelte Spezialverfahren zur Tiefenstrukturierung von Silizium, zur Realisierung freitragender Membranstrukturen mittels spannungsoptimierter Schichtabscheidung, zur Prozessierung von SOI-Wafern, zur Verarbeitung sog. Dicklacksysteme und zur Herstellung integrierter, metallischer Funktionselemente mittels Mikrogalvanoformung. Für die Struktur- und Oberflächencharakterisierung in der Verfahrens- und Anwendungsentwicklung sowie zur Qualitätsbewertung in der Fertigung von Pilotserien steht moderne und umfassende Messtechnik zur Verfügung. Zu den aktuellen Produktentwicklungen gehören z. B. Membranchips für die hochsensitive Heliumdetektion, Inertialschalter, temperatur- und strahlungsbeständige Bolometer für die Fusionsforschung sowie eine ultra-präzise optische Spaltbaugruppe für die Raumfahrt.

Im Marktsegment der industriellen Medienanalytik entwickeln wir spektrometerlose und damit robuste und kostengünstig

herstellbare, optische Messsysteme basierend auf Lichtstreuung und Absorption. Ein Fokus der Arbeiten liegt hier derzeit auf der on-line-Analytik von Schmierölen in Großmaschinen, wofür dediziert Komplettmesssysteme für Parameter wie Total Acid Number (TAN), Total Base Number (TBN), Wasserkontamination im ppm-Bereich oder Abriebprodukte realisiert werden. Die Systeme enthalten in der Regel speziell konzipierte Durchflusszellen zum direkten Einbau in den Medienstrom und eine Mikrocontroller-gesteuerte Betriebselektronik, die je nach Kundenbedarf Stand-Alone-Betrieb oder auch Integration in Leitwarten erlaubt. Mit entsprechenden Anpassungen sind die erarbeiteten Nachweiskonzepte grundsätzlich auch für andere Bereiche der On-line-Analytik von hohem Interesse. Hierzu gehören z. B. die Prozess- und Produktüberwachung in der chemischen Synthese oder die Überwachung von Prozessabwässern.



**Spinales Elektrodenarray für die Neuroforschung**



## SONDEN UND SENSORIK FÜR MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN

Beträchtliches Know-how wurde in den vergangenen Jahren in der Entwicklung von Mikroelektrodensonden für neuronale Signalableitung und Stimulation aufgebaut. Diese werden mit großem Erfolg in der vorklinischen Validierung neuer Diagnostik- und Therapieansätze in der Neurochirurgie und Neuroprothetik eingesetzt. Hierzu gehören starre Sonden mit wenigen 100 µm Durchmesser sowie Längen von einem bis zu einigen 10 cm, die mit einem linearen Array mit bis zu 32 Elektrodenkanälen ausgerüstet werden können, zum Einsatz in der Hirnforschung mit orts aufgelöster Signalableitung. Weiterhin erlauben die technologischen Möglichkeiten des ICT-IMM auch die Realisierung von dünnen, flexiblen Sonden. Als Basismaterial dient dabei ein fotostrukturierbares Polymer, das zur chronischen Implantation in Tiermodellen geeignet ist. Als Elektrodenmaterial dient typischerweise Gold, das zur weiteren Vergütung mit Platin oder anderen in der Neurotechnologie üblichen Elektrodenmaterialien beschichtet werden kann. Größe, Anzahl und Anordnung der Elektroden kann anwendungsspezifisch in weiten Grenzen festgelegt werden. Auch ist eine direkte Integration von aktiven Elektronikkomponenten wie z. B. Multiplexern auf den Arrays möglich. Elektrodenarrays dieses Typs werden z. B. zur Erforschung neuer Möglichkeiten bei der Therapie von Parkinson-Symptomatik und zur Wiederherstellung von Bewegungsfunktionen nach schweren Rückenmarksverletzungen eingesetzt.

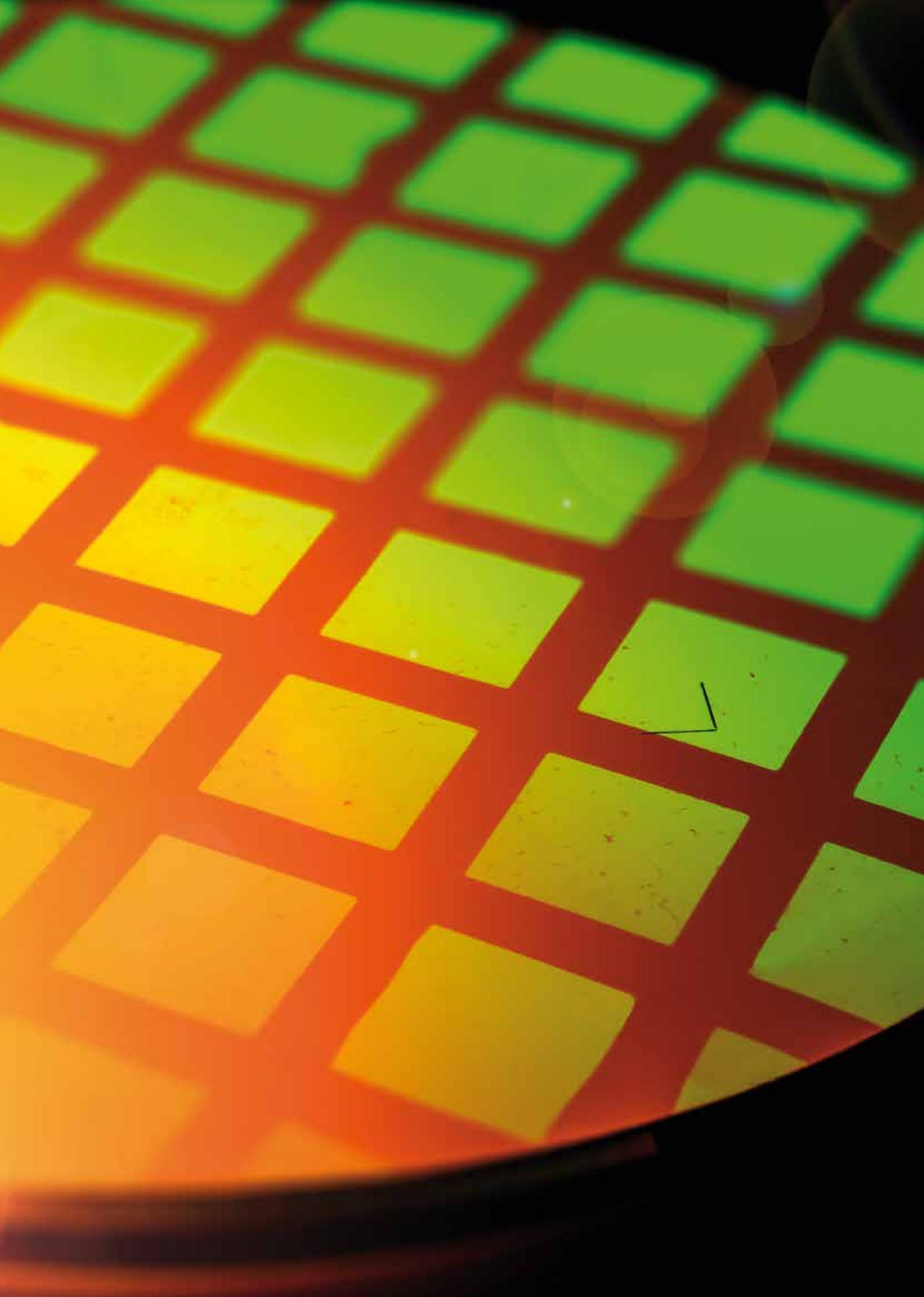
Angelehnt an die oben genannten Arbeiten zur Medienanalytik bestehen vielfältige Kompetenzen in der Entwicklung optischer Systeme für medizinische Anwendungen. Hierzu gehören insbesondere miniaturisierte Systeme zum Nachweis

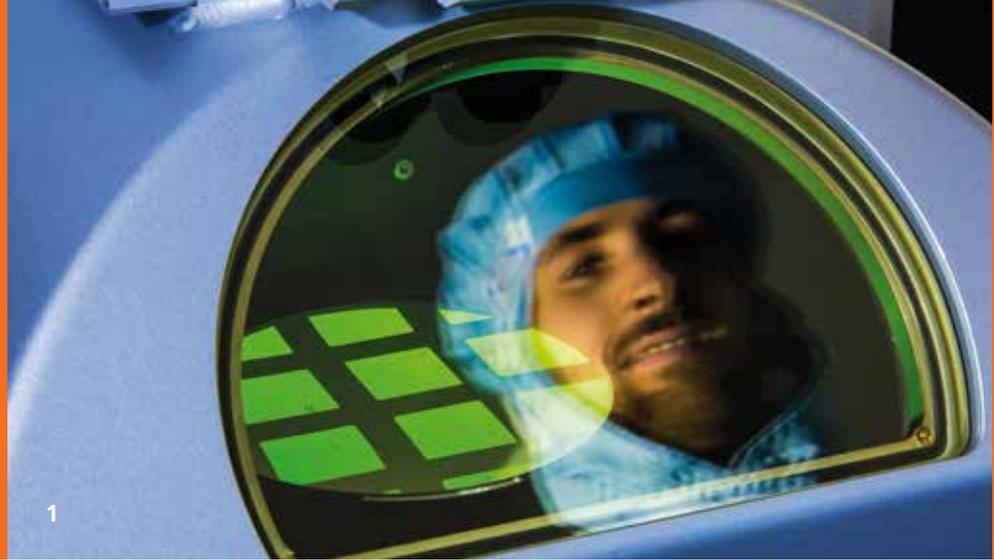
biologischer Spezies in diagnostischen Lab-on-Chip-Anwendungen mittels Colorimetrie, Absorption oder Fluoreszenz, als auch Detektionssysteme für Geräteentwicklungen im Bereich der Laborautomatisierung, die auf vom Kunden vorgegebene Assays optimiert werden.

Zur Demonstration der Machbarkeit einer kontinuierlichen Blutzuckermessung wurde ein auf IR-Spektroskopie basierendes, am Arm des Patienten tragbares Messsystem realisiert und in klinischen Studien erfolgreich validiert, das kontinuierlich den Glukosegehalt eines minimalinvasiv gewonnenen Perfusats misst.

### Kontakt

Dr. Peter Detemple  
Abteilungsleiter Medizinische  
Sonden und Technische Sensorik  
Telefon +49 6131 990-318  
[peter.detemple@imm.fraunhofer.de](mailto:peter.detemple@imm.fraunhofer.de)





# NANOPARTIKEL TECHNOLOGIEN

Im Fokus der Arbeiten im Bereich Nanopartikel Technologien steht die Entwicklung von Verfahren zur kontinuierlichen, verlässlichen und reproduzierbaren Synthese von Nanopartikeln diverser Materialien wie Metallen (z. B. Gold, Platin, Palladium) oder Oxidmaterialien (z. B. Zinkoxid). Darüber hinaus beschäftigt sich die Abteilung mit sogenannten Quantumdots, d.h. kolloidalen Halbleiternanopartikeln, die für Anwendungen wie effiziente Displays mit brillanter Farbwiedergabe oder Fluoreszenzmarker im diagnostischen Umfeld besonders interessant sind.

Nanopartikel besitzen aufgrund ihres herausragenden Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses vielfältige interessante Einsatzmöglichkeiten. So ist z. B. die herausstechende Eigenschaft von Quantumdots ihre Fluoreszenz, insbesondere das breite Anregungsspektrum und eine schmale Emissionsbande, die sich zudem über die Partikelgröße beeinflussen lässt. Im Verbund mit dem in der Abteilung Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik insbesondere für die Feinchemie entwickelten Know-how konnten wir solche Batch-Syntheseprotokolle auf ein kontinuierliches Verfahren übertragen. Dabei achten wir auf Größenkontrolle und Einheitlichkeit. Ein neu entwickeltes Reaktormodul mit diversen Heizelementen, einem mikrostrukturierten Mischer, sowie einer Verweilstrecke mit drei integrierten optischen Durchflusszellen erlaubt es, in-situ und online Absorptionsspektroskopie zu betreiben, um die Partikeleigenschaften zu charakterisieren. Darauf aufbauend kann zukünftig eine Regelschleife zur Prozesskontrolle realisiert werden, die es erlauben wird, die gewünschten Produkteigenschaften gezielt einzustellen. Der am Beispiel von Quantumdots entwickelte generische Syntheseprozess lässt sich ohne weiteres auf andere Nanopartikel anderer Materialklassen übertragen, so dass in nahezu identischer Weise auch Gold, Platin oder Palladiumpartikel hergestellt werden konnten. Wir erwarten, dass zukünftig auch neue Syntheseprotokolle mit diesem Ansatz

als kontinuierliche Verfahren erschlossen werden können. Die bestehenden Anlagen und Module ermöglichen es uns, bei Kundenanfragen flexibel zu reagieren und z. B. im Rahmen von Machbarkeitsstudien Experimente durchzuführen, in denen kontinuierliche Syntheseprozesse angewendet werden können. In einem nächsten Schritt können wir unseren Kunden kleine Anlagen zusammenstellen bzw. aufbauen, die aus bereits entwickelten Komponenten (insbesondere auch aus der Abteilung Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik) und Reaktormodulen bestehen. Wenn erforderlich werden die bestehenden und im Haus entwickelten Module auf den neuen Anwendungszweck zugeschnitten. Zudem dienen die Module und Komponenten als Basis von Prozessentwicklungen, die wir unseren Kunden anbieten. Fraunhofer ICT-IMM verfügt zur Analyse von Nanopartikeln über eine Reihe von modernen Messmethoden. Dazu gehören sowohl ein Rasterelektronenmikroskop mit einem Detektor zur Elementanalyse, als auch ein Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) mit Energiefilter bzw. EELS-Detektor. Beide Elektronenmikroskope besitzen eine Kryo-Option. Das in der Abteilung Kontinuierliche Chemische Verfahrenstechnik gewonnene Wissen zum Scale-up von Prozessen können wir gewinnbringend für die Herstellung nanopartikulärer Materialien einsetzen.



1

- 1 Rotoco-Gerät zur 3D Plasmabehandlung
- 2 Magnetische Polymerisomen

## PLASMABEHANDLUNG

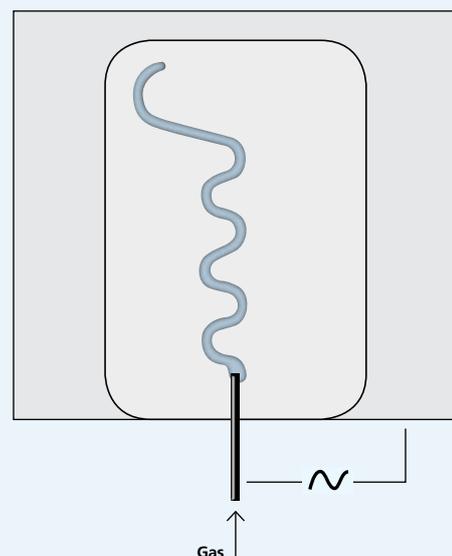
Die Plasmabehandlung polymerer Werkstoffoberflächen erlaubt eine gezielte Veränderung der Oberflächeneigenschaften, um z. B. inerte Substrate funktionell auszurüsten und diese so in die unterschiedlichsten Anwendungen einzubringen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei kunststoffbasierte Medizinprodukte wie zum Beispiel Implantate, Wundauflagen und Textilien, Röhrchen und Kanülen. Mehrere 13.56 MHz Plasmaanlagen stehen bei uns im Haus zur Verfügung. Sie dienen der Weiterentwicklung gezielter Prozessabläufe für biomedizinische Anwendungen, hydrophil/hydrophob Ausrüstung sowie zur Verbesserung des Adhäsionsverhaltens unterschiedlichster Werkstoffe.

In 2014 wurde eine weitere Anlage für die Oberflächenbehandlung von Kleinteilen, wie zum Beispiel Kleinimplantate für die Chirurgie, konzipiert und aufgebaut. Das System erlaubt die rundum Behandlung diverser 3D Kleinteile und ermöglicht Reinigung, Sterilisation, Aktivierung/Funktionalisierung und Beschichtung (z. B. Sperrschichten, optische Schichten). Ein weiterer Aufbau zur Behandlung von Kanülen und Röhrchen Innenwänden ist in Bearbeitung.

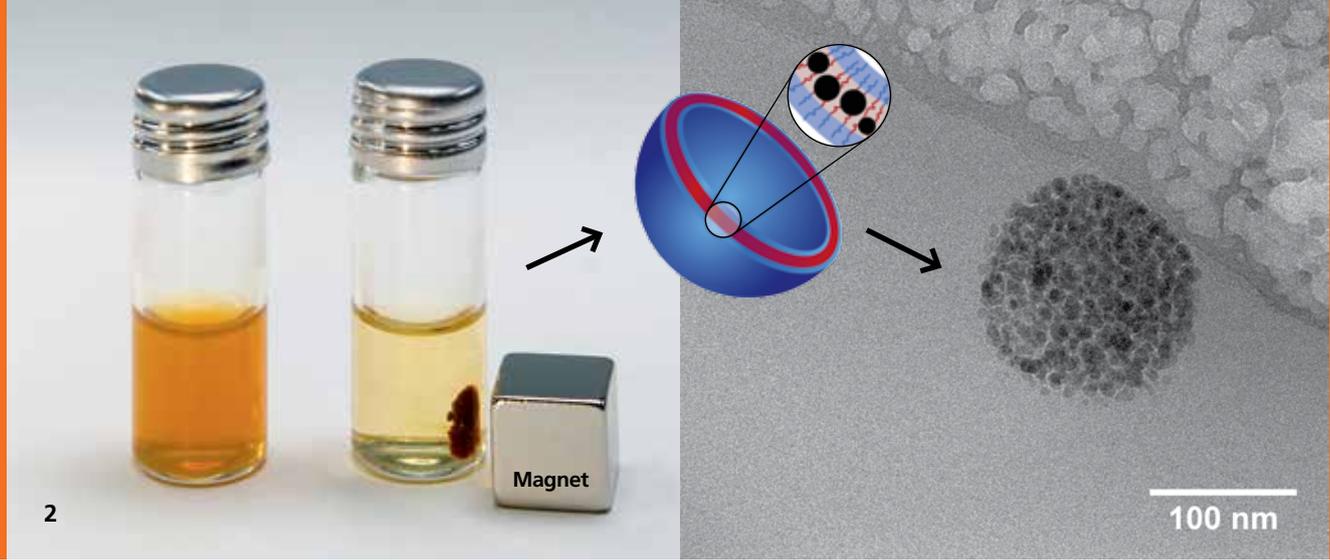
Derzeit laufende Projekte befassen sich mit:

- Oberflächenmodifikationen von Kleinimplantaten und deren bio-medizinische Auswertung,
- Plasmapolymersierten Polymerdünnschichten auf mikrostrukturierten Oberflächen als Trägerstruktur für nanoskopische Katalysatoren für die kontinuierliche Synthese von hochreinen Feinchemikalien in Mikroreaktoren,

- Innenbeschichtungen von Kapillaren und Röhrchen zur Anwendung in der Analytik und der medizinischen Diagnostik,
- Strukturermittlung plasmapolymersierter Schichten zur Ermittlung der Abscheidemechanismen und optischen Eigenschaften mittels Wellenleiter- und Plasmonen Spektroskopie.



Mikroplasma im Fluidkanal

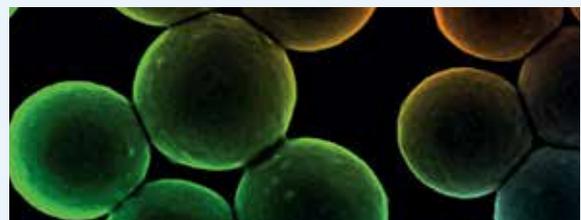


## DISPERGIERTE POLYMERE NANOPARTIKELSYSTEME

Polymere Nanopartikel und Kapseln, die kontrolliert im Größenbereich zwischen 50 nm und mehreren Mikrometern synthetisierbar sind, werden aufgrund Ihrer einzigartigen Eigenschaften mittlerweile in verschiedensten Materialien und Life Science-Anwendungen eingesetzt. Mit Hilfe unterschiedlicher, etablierter Prozesse lassen sich die Partikel gezielt modifizieren, so dass deren physikochemischen Eigenschaften wie z. B. die chemische Zusammensetzung, Form, Morphologie und Oberflächenfunktionalisierung spezifisch auf industrielle Anforderungen zugeschnitten werden können.

Die in Mikroreaktoren, unter Flussbedingungen durchgeführte, kontinuierliche Synthese bietet außerdem die Möglichkeit, dispergierbare Nanopartikel reproduzierbar und im industriellen Maßstab herzustellen. Neben innovativen Nanopartikeln, die aus neuartigen Polymeren bestehen und spezifische Funktionalitäten aufweisen, konnten wir erfolgreich elastische, thermoplastische Partikelsysteme synthetisieren, die im Inneren n-Heptan und in der Schale Poly(acrylnitril-co-Methylmethacrylat) enthalten und bei Temperaturerhöhung von 1 auf 5  $\mu\text{m}$  expandieren können. Solche thermosensitiven Modellverbindungen können die Basis darstellen, um darauf basierend Materialien zu entwickeln, die von Industrieunternehmen genutzt werden können, um Beschichtungen und Baumaterialien mit verbesserten Eigenschaften auszustatten, so dass sich diese an unterschiedliche Umgebungstemperaturen anpassen. Des Weiteren konnten wir die kontinuierliche Synthese von nanoskaligen Trägersystemen etablieren, welche in der Medizin zur Diagnostik, bei der Bildgebung und in der Therapie (z. B. „Drug Delivery“) verschiedener Erkrankungen

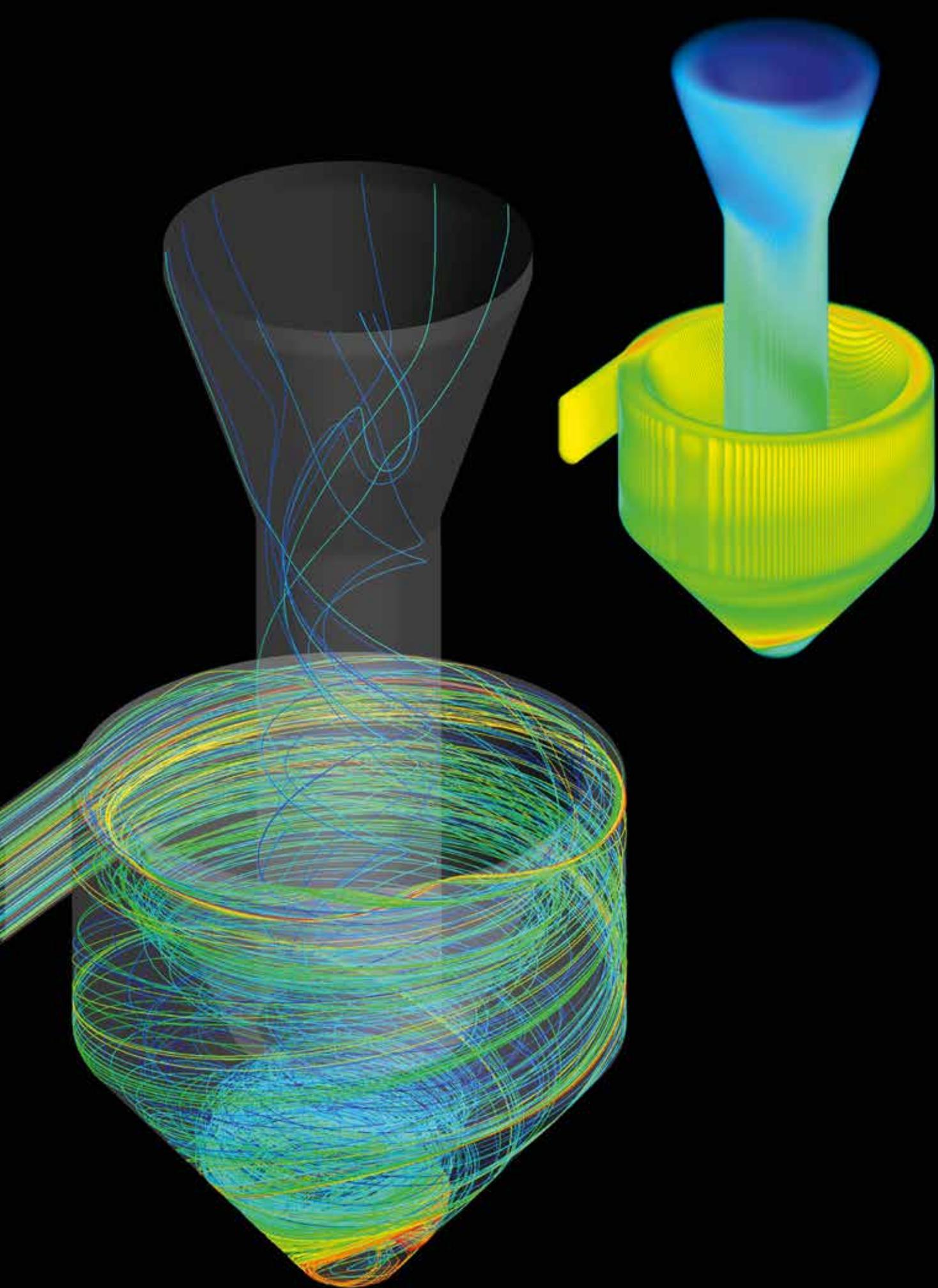
eingesetzt werden können. Unsere Polymersome, die sowohl mit einem Zytostatikum als auch mit magnetischen Nanopartikeln beladen werden können, eignen sich hervorragend zur zielgenauen Wirkstoffabgabe und ermöglichen außerdem eine gleichzeitige Überwachung der Behandlungsmethode. Dies macht sie zu einem interessanten Kandidaten für die Pharmaindustrie. Polyester-basierte Partikel eignen sich dank ihrer Biokompatibilität und Abbaubarkeit in physiologischer Umgebung besonders als Nanotransporter für Wirkstoffe, die zeitverzögert freigesetzt werden sollen, um das betroffene Gewebe kontinuierlich zu versorgen.



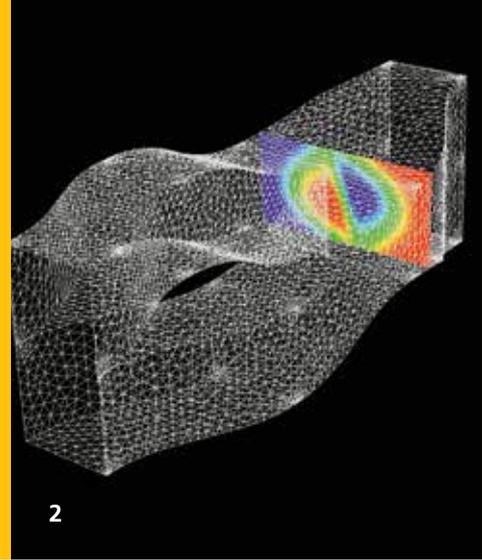
**Polylactid Nanopartikel**

### Kontakt

Prof. Dr. Michael Maskos  
 Abteilung Nanopartikel Technologien  
 Telefon +49 6131 990-111  
 michael.maskos@imm.fraunhofer.de



- 1 *Split-and-recombine  
Raupenmischerstruktur*
- 2 *Simulation des  
Mischverhaltens in  
einem Raupenmischer*



# ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

Der Bereich Zukunftstechnologien wird am ICT-IMM von zwei Themen geprägt: Geschäftsfeldentwicklung und Simulation. Damit verknüpfen wir das Entwickeln zielgerichteter Maßnahmen zur Weiterentwicklung unseres Instituts mit der Möglichkeit, diese vor ihrer Implementierung auf Herz und Nieren zu testen. Dabei können wir auf unsere über 20-jährige Erfahrung zurückgreifen sowie auf unseren steten Anspruch, bestehende Denkmuster zugunsten neuer Herausforderungen in Frage zu stellen. Unser Team verfügt sowohl über die wissenschaftliche Expertise als auch über die enge Vernetzung in der Forschungslandschaft, für eine aktive Gestaltung unserer Zukunft als Fraunhofer-Institut. In dem Zuge wird in besonderem Maße die Vernetzung mit der Industrie sowie mit akademischen Partnern von Universitäten und Hochschulen gepflegt und ausgebaut.

Gerade für ein Forschungs- und Entwicklungsinstitut ist es unerlässlich, ständig den Fokus der F&E Aktivitäten auf die wirtschaftlich und gesellschaftlich relevanten Themen neu auszurichten. Die Beobachtung und Entwicklung neuer Geschäftsfelder ist ein kontinuierlicher Prozess. Dieser mündet in der Simulation, einem wichtigen Schritt bei der Erschließung jedes neuen Geschäftsfeldes.

Die mathematische Modellierung ist das Kerngeschäft der Abteilung Zukunftstechnologien. Sie ist der Schlüssel, um Ideen für innovative Entwicklungen zu erarbeiten und zu überprüfen. Hierbei besteht die Anforderung häufig darin, die Balance zwischen Ökonomie und technischer Umsetzbarkeit zu finden. Die Simulation stellt an dieser Stelle ein effizientes Werkzeug dar, mit dem Vorentwicklungen und die Projektarbeit am Fraunhofer ICT-IMM vorangetrieben werden. Die Besonderheit der Simulation am Fraunhofer ICT-IMM ist, dass sie im direkten Wechselspiel mit der experimentellen Verifikation und dem technologischen Prototyping steht. Deshalb zeichnet sich das Team der Abteilung Zukunftstechnologien neben seiner Simulationskompetenz besonders durch ein breites und übergreifendes Verständnis der Anwendungen und der Fertigungsmöglichkeiten aus.



**Zyklon-basierte Trenneinheit für Mikropartikel**

## MATHEMATISCHE MODELLIERUNG

Die mathematische Modellierung beginnt bei der Problemanalyse und geht von der Überführung in eine mathematische Beschreibung über die Wahl der geeigneten Lösungsmethode bis zur Optimierung von Systemen und Prozessen. Damit können wir Industriekunden bei einer Vielzahl von Fragestellungen in unterschiedlichen Entwicklungsstufen unterstützen, wie z. B. bei

- Machbarkeitsstudien,
- der Auslegung von Geräten und Anlagen, z. B. Mischen und Wärmetauschern,
- CFD-Simulationen von Systemkomponenten,
- der Optimierung von Systemen und Prozessen.

Zur Umsetzung der mathematischen Modellierung steht am Fraunhofer ICT-IMM kommerzielle Software zur Durchführung von Multi-Physik-Simulationen, numerischen Berechnungen und Prozesssimulationen zur Verfügung. Weiterhin nutzen wir selbstentwickelte Auslegungstools, welche wir kontinuierlich ausbauen.

- Für ein Analysesystem wurde mittels CFD-Simulation das bestehende Design eines Zyklons bezüglich seines Abtrennverhaltens von Mikropartikeln optimiert.
- Für die Flow Chemistry wurde ein mikrofluidisches Durchflussreaktor-Design entwickelt, mit dem die Monodispersität (Schärfe der Größenverteilung) von Nanopartikeln nach der Erzeugung mittels Laserablation durch Optimierung des Misch- und Verweilzeitverhaltens verbessert werden kann.

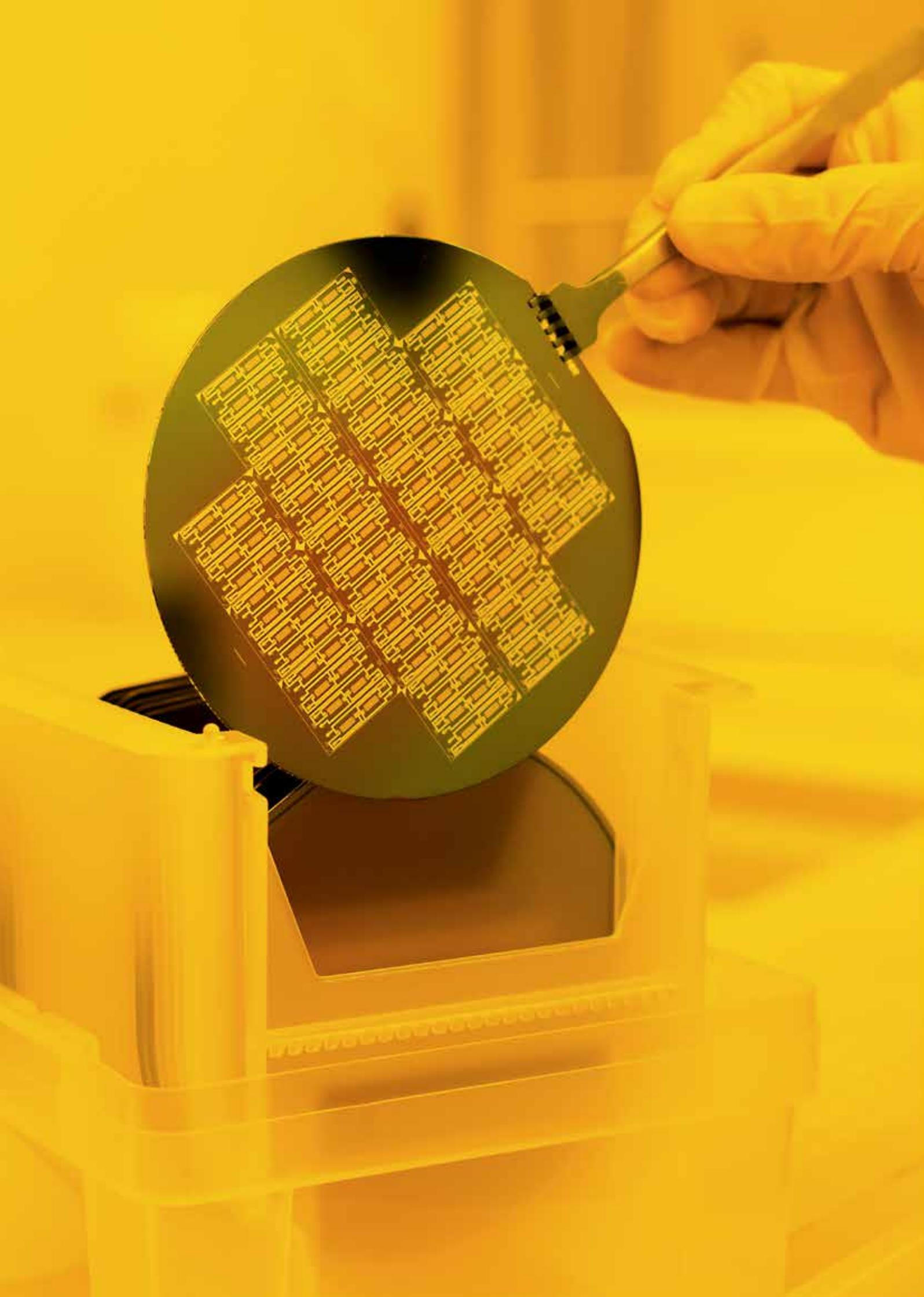
- Begleitend zu den experimentellen Arbeiten im Bereich Nanotechnologie wurde mittels feldtheoretischer Methoden die Entstehung von Polymer-Nanopartikeln in Mikroreaktoren geklärt.
- In Projekten der Energietechnik wurde die mathematische Modellierung genutzt, um den Designprozess mittels Prozesssimulationen mehrerer verketteter mikrostrukturierter Reaktoren zur Herstellung von Synthesegas aus biologischen Ausgangsstoffen zu unterstützen.

Neben der Durchführung kundenspezifischer Projekte liegen die wissenschaftlichen Schwerpunkte der mathematischen Modellierung in den Bereichen

- Nanopartikelherzeugung in Mikrosystemen
- Transportverhalten realer Partikel (Zellen, Mikro- und Nanopartikel div. Topographien) in mikrofluidischen Kanälen
- Verdampfung und Kondensation
- Mikrostrukturierte Reaktoren

### Kontakt

Dr. Klaus Stefan Drese  
Abteilungsleiter Zukunftstechnologien  
Telefon +49 6131 990-170  
klaus.drese@imm.fraunhofer.de





# HIGHLIGHTS



## DIANA – ENERGIEVERSORGUNG FÜR FLUGZEUGE

### Unabhängige Stromversorgung des Fluggastbereiches

Im Rahmen des Projektes DIANA entwickelt der Produktbereich Dezentrale und Mobile Energietechnik des Fraunhofer ICT-IMM zusammen mit dem federführenden Unternehmen Diehl Aerospace GmbH und der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) einen mobilen Energieerzeuger für Passagierflugzeuge. Der erhöhte Energieverbrauch in Flugzeugen kann nicht vollständig durch die konventionellen Energieerzeuger Hauptturbine und Hilfsaggregat (APU) abgedeckt werden.

Daher und weil einer der Hauptstromabnehmer im Flugzeug die Küchen (Galleys) sind, wurde ein Trolley als fahrbare Einheit gewählt, der in der Bordküche angedockt werden kann und diese mit Energie versorgt. Eine unabhängige Stromversorgung des Fluggastbereiches durch mehrere redundante Kleinheiten kann künftig die Luftfahrtzulassung des Fluggastbereiches von der des Flugzeuges entkoppeln, was enormes Kosteneinsparungspotential hat.

### Ergebnisse und Ausblick

Um auch bei der Wahl des Energieträgers den hohen sicherheitstechnischen Standards der Luftfahrtindustrie gerecht zu werden, wurde von Diehl Aerospace mit einem Gemisch aus Propylenglykol und Wasser (PGW) ein nicht brennbarer und ungiftiger Brennstoff gewählt, der zudem bereits als Kühl- und Enteisungsmittel Verwendung findet. Das ICT-IMM entwickelte

im Rahmen des Projektes den weltweit ersten Reformer für Propylenglykol, der den Wasserstoff für die Brennstoffzelle liefert, die vom DLR mit dem Reformer gekoppelt und in einem ersten Prototyp betrieben wird. Diehl Aerospace übernahm die Leistungselektronik, die Steuerung, die Gesamtkonzeption und eine Reihe weiterer Integrationsaufgaben.

Der geringe zur Verfügung stehende Raum im Trolley stellte gerade an den Reformer höchste Anforderungen bezüglich der Kompaktheit. So konnte die beim Einsatz konventioneller Technik aus fünf Komponenten bestehende Gasreinigungseinheit zu einer einzigen Komponente integriert werden, wodurch man dem Platzangebot überhaupt erst gerecht werden konnte. Die Entwicklungsarbeiten des ICT-IMM umfassen die Entwicklung einer neuen Katalysatorformulierung für das Reformieren von Propylenglykol, die Entwicklung eines geeigneten Reaktordesigns für den Reformer, die Entwicklung eines neuen katalytischen Startbrenners und neuer Verdampfungskonzepte.

### Kontakt

Prof. Dr. Gunther Kolb  
Abteilungsleiter Dezentrale  
und Mobile Energietechnik  
Telefon +49 6131 990-341  
gunther.kolb@imm.fraunhofer.de

# REACTION – OPTISCHER GLUKOSE-SENSOR ZUR KONTINUIERLICHEN BLUTZUCKERMESSUNG

## Patienten-Überwachung bei Diabetes Typ 2

Diabetes vom Typ 2 ist eine Erkrankung, welche in modernen Gesellschaften stark zunimmt. Zu deren Überwachung, insbesondere auch in Kombination mit automatischer Insulindosierung, werden zuverlässige, genaue, tragbare und nach Möglichkeit nicht- oder minimal-invasive Glukose-Sensoren benötigt. Im Rahmen des EU-Projektes REACTION entwickelte das Fraunhofer ICT-IMM dafür einen optischen, auf Differenz-Absorptions-Spektroskopie basierenden Sensor, welcher mit einer Mikrodialyse als Body-Interface kombiniert wird. Als Zielsetzung wurde eine Genauigkeit von 5 % im gesamten physiologisch relevanten Bereich der Glukosekonzentration von 50-300 mg/dl angesetzt. Der Sensor sollte kontinuierlich über längere Zeiträume betreibbar und zur Ansteuerung kommerzieller Insulinpumpen geeignet sein.

## Ergebnisse und Ausblick

Über eine Mikrodialyse-sonde mit einer 20 kDalton Membran wird die Glukose subkutan oder intravenös in eine Perfusions-

lösung überführt, welche einen mikrofluidischen Einwegchip mit integrierter optischer Transmissionszelle durchströmt. Der Chip enthält eine Referenzmesszelle, mit reiner Perfusionslösung und wird in eine tragbare Auslese-einheit eingesetzt. Diese enthält eine Multiemitter-LED, die im NIR-Spektrum des ersten Obertonbandes emittiert und passiv in den Chip eingekoppelt wird. Schon geringe Änderungen der Glukosekonzentration im Perfusat verursachen dabei eine deutlich messbare Intensitätsänderung im Differenzspektrum. Die Methode ist nicht an den Verbrauch von Reagenzien gebunden, wie bei Glukose-Oxidase-basierten Sensoren und somit quasi zeitlich unbegrenzt einsetzbar. Eine Limitierung erfolgt nur durch die Lebensdauer der Dialysemembran.

Der Sensor wurde innerhalb zweier klinischer Studien auf grundsätzliche Funktion, sowohl intravenös als auch subkutan, getestet. Bei der ersten Studie ergab sich ein MARD (Mean Absolute Relative Deviation) von 14 % über den gesamten Messbereich bei retrospektiver Kalibrierung. Bei subkutaner Applikation mit einer verbesserten Sensorvariante eine MARD von 9 %. Störungen bei der Messung basierten hauptsächlich auf Fehlfunktion der Mikrodialyse bzw. damit verbundener Blasenbildung im Perfusat. Die Kombinierbarkeit mit einer kommerziellen Insulinpumpe sowie einem Kontrollalgorithmus wurde demonstriert. Das Sensorprinzip ist neben der kontinuierlichen Überwachung des Blutzuckerspiegels auch zur Messung anderer Parameter in Körperflüssigkeiten geeignet, wenn die Wellenlängen der Auslese-einheit entsprechend angepasst werden. Hieraus ergeben sich weitere Anwendungen im Bereich individualisierter Medizintechnik.



## Kontakt

Dr. Thomas Klotzbücher  
Gruppenleiter Laser und Optik  
Telefon +49 6131 990-143  
thomas.klotzbuecher@imm.fraunhofer.de

# CALORI – DETEKTOREN FÜR DIE PLASMATOMOGRAPHIE

## Alternative Energiegewinnung

Die Endlichkeit von fossilen Energiequellen ist eine große Herausforderung für viele Industriezweige ebenso wie für Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, die sich mit der Entwicklung neuer Verfahren zur Energiegewinnung beschäftigen. Am Standort Cadarache in Frankreich entsteht derzeit der International Thermonuclear Experimental Reactor, kurz ITER, als gemeinsames Forschungsprojekt einer internationalen Gemeinschaft bestehend aus der Europäischen Union, Japan, Russland, der Volksrepublik China, Südkorea, Indien und den USA. Langfristig könnte ein erheblicher Teil des Energiebedarfs mit der Verschmelzung von leichten Atomkernen in Fusionsreaktoren gedeckt werden. Steuerung und Überwachung der komplexen Anlage erfordert spezielle, an die harten Betriebsbedingungen an ITER angepasste Messtechnik. Hierzu gehören insbesondere auch so genannte Bolometer-Kameras, die den Plasmaeinschluss im Reaktionsgefäß überwachen.

## Ergebnisse und Ausblick

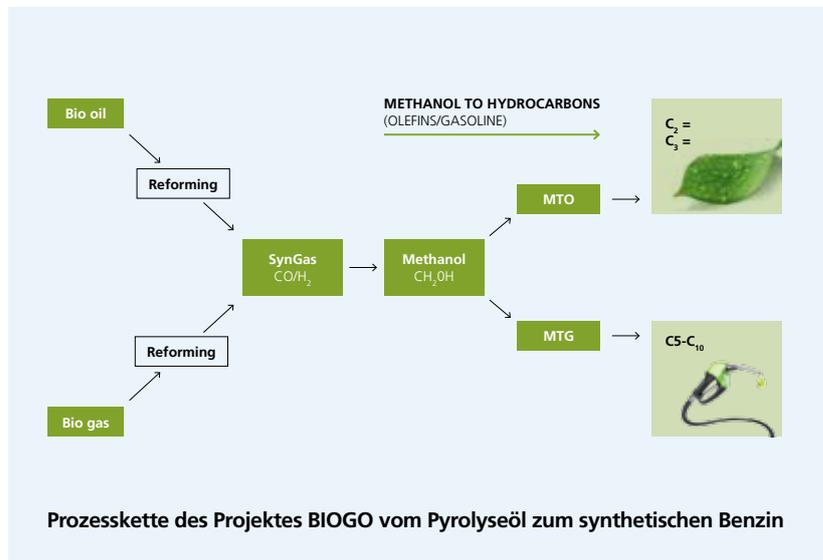
Im Auftrag von Fusion for Energy, dem Träger für den europäischen Beitrag zu ITER, erarbeitet ICT-IMM gemeinsam mit den Wissenschaftlern am Max Planck Institut für Plasmaphysik in Garching einen speziell auf ITER abgestimmten Kameratyp. Sein Kernstück ist der Bolometer-Sensor, der von ICT-IMM entwickelt wird. Mit Hilfe dieses Chips soll die Intensität des vom ITER-Plasma abgestrahlten, vom Infraroten bis in den harten Röntgenbereich reichenden Photonenspektrums erfasst werden. Dabei sind besondere Herausforderungen zu meistern: Die Sensoren müssen hoch strahlungsbeständig sein, um den Fusionsneutronen und Röntgenquanten standzuhalten sowie hohen Temperaturen bis zu 450 °C zu widerstehen. Hierzu werden neue Materialkombinationen und neue Möglichkeiten zur mechanischen Lagerung des Messsystems untersucht, um die Wirkung der unter thermischer Last auftretenden Kräfte zu reduzieren. Am Projektende soll ein Fertigungsprozess etabliert und die Funktionsfähigkeit der Bolometer-Kameras im Hinblick auf die an ITER erwarteten Betriebsbedingungen nachgewiesen sein.

In Vorarbeiten wurden bereits erste Prototypen realisiert: ein kleines Siliziumplättchen mit Fensteröffnungen, die von einer nur wenige µm dicken, keramischen Membran überspannt werden. Auf der Vorderseite der Membran befindet sich ein Absorber aus Platin, ein Material, das auch Röntgenstrahlung gut absorbiert, gleichzeitig aber hinreichend beständig ist gegen Kernprozesse, die durch die bei der Fusionsreaktion freigesetzten Neutronen ausgelöst werden können. Auf der Rückseite ist ein präziser Thermowiderstand aufgebracht, mit welchem die Erwärmung des Absorbers bei Auftreffen von Strahlung gemessen werden kann. Bei entsprechender Höhe des Absorbers kann auf diese Weise so die Intensität der vom Plasma ausgehenden Strahlung über einen extremen Spektralbereich bestimmt werden.

Prototypen des Bolometer-Sensors befinden sich im Garchingener Forschungsreaktor ASDEX-Upgrade und an zwei weiteren internationalen Fusionsforschungsanlagen bereits erfolgreich im Einsatz. ITER wird voraussichtlich 2022 in Betrieb gehen. Erstmals soll gezeigt werden, dass durch die Verschmelzung von Wasserstoffkernen eine Fusionsleistung von 500 Megawatt über längere Zeit stabil aufrechterhalten werden kann. Im Nachfolgeprojekt DEMO soll die Reaktorkapazität dann in den Gigawatt-Bereich ausgedehnt und ab etwa 2040 erstmalig Strom aus Fusionsenergie ins Netz eingespeist werden. Die ITER-Experimente sind damit ein bedeutender Meilenstein bei der Klärung der Frage, ob Energieerzeugung mit Kernfusion überhaupt wirtschaftlich nutzbar gemacht werden kann.

## Kontakt

Dr. Peter Detemple  
Abteilungsleiter Medizinische  
Sonden und Technische Sensorik  
Telefon +49 6131 990-318  
peter.detemple@imm.fraunhofer.de



## BIOGO – BIOTREIBSTOFFE AUS NACHHALTIGEN QUELLEN

### Umwandlung von Holzabfällen in synthetische Treibstoffe

Im Rahmen des EU-Großprojektes BIOGO, das vom Fraunhofer ICT-IMM koordiniert wird, erforscht ein Konsortium von 15 Partnern aus der europäischen Industrie- und Forschungslandschaft die Umwandlung von Holzabfällen in synthetische Treibstoffe. Zur Realisierung der Projektziele ist eine Reihe von Prozessschritten erforderlich. Zunächst wird das Holz zu Pyrolyseöl umgewandelt, das dann durch einen Reformierungsschritt zu Synthesegas (einem Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff) umgesetzt wird. Aus dem Synthesegas wird über Methanol und Dimethylether synthetischer Treibstoff hergestellt, der in beliebiger Menge mit einem herkömmlichen fossilen Treibstoff gemischt werden kann.

### Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen des Projektes werden neue verbesserte Katalysatoren für jeden dieser Prozessschritte entwickelt. Neben der Koordination des Projektes entwickeln wir im Projekt mikrostrukturierte Reaktoren für die Schritte der Prozesskette, in denen der Einsatz dieser Technologie sinnvoll ist. Weiterhin wird ICT-IMM mit einigen Projektpartnern eine Miniplant in einer Produktionscontainer-Umgebung entwickeln, die den gesamten Prozess vom Pyrolyseöl zum synthetischen Treibstoff

im kleinen Maßstab abbildet. Dieses Containerkonzept wird eine spätere Weiterentwicklung hin zu dezentralen Produktionsanlagen erleichtern, die der wechselnden Verfügbarkeit der Biomasse gerecht werden sollen. Aufbauend auf den Ergebnissen des Betriebs der Miniplant wird eine Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsanalyse des Prozesses durchgeführt, um die optimale Anlagengröße zu bestimmen. Die Erforschung und Demonstration der Hochskalierung innovativer Syntheserouten für nanoskalige Katalysatoren ist ein weiteres wesentliches Ziel des Projektes.

### Kontakt

Prof. Dr. Gunther Kolb  
Abteilungsleiter Dezentrale  
und Mobile Energietechnik  
Telefon +49 6131 990-341  
gunther.kolb@imm.fraunhofer.de

# ANTIOTBI – BESCHICHTUNG VON KNOCHENIMPLANTATEN

## Entwicklung neuartiger anti-haft Oberflächen für Titanimplantate

Das Projekt befasst sich mit der Oberflächenmodifikation von Standard-Titanimplantaten aus der Unfallchirurgie mit dem Ziel, Oberflächenbeschichtungen mit adhäsions-reduzierten Eigenschaften zu entwickeln und auf ihre Eignung als Implantatmaterialien zu prüfen. Hierzu wurden in vitro sowie in vivo Versuche etabliert und durchgeführt.

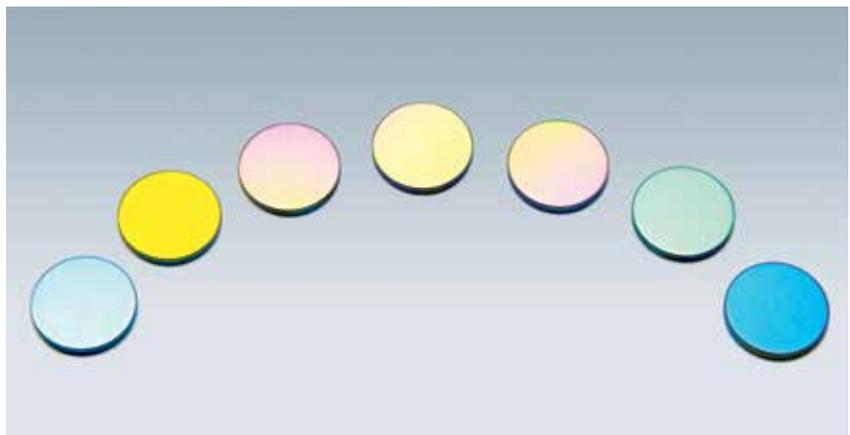
Die erste Phase des Projekts befasste sich mit der Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung unterschiedlicher Si-basierter Mischschichten mit optimierter Zelladhäsion auf Titansubstraten gegenüber herkömmlichen Titanimplantaten. Die Schichten konnten mittels Plasmaverfahren auch erfolgreich auf anderen Substraten und 3D-Titanimplantaten aufgebracht werden. Anschließend folgten standardisierte in-vitro Zellversuche mit humanen dermalen Fibroblasten und humanen Osteoblasten. Diese zellbiologischen Untersuchungen beinhalten die Quantifizierung der initialen Zell-Biomaterial Adhäsion, die Untersuchung der Zellproliferation und der Zellvitalität, sowie die Analyse der Genexpression relevanter Adhäsionsproteine. Es konnte gezeigt werden, dass die Fibroblastenadhäsion auf den beschichteten Proben signifikant reduziert ist und zwar ohne einen messbaren zytotoxischen Effekt durch die antiadhäsive Plasmabeschichtung.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch mit Fibroblasten anderen Gewebsursprungs (Mundschleimhaut und Auge) sowie humanen Knochenzellen (Osteoblasten) erreicht. Ein fachübergreifender Einsatz der anti-adhäsiven Beschichtungen im Bereich der Dentalchirurgie oder Augenheilkunde ist demnach denkbar.

Zum Abschluss des experimentellen Teils des Projekts wurden die Bindegewebsadhäsion und die knöcherne Reaktion auf die Implantatbeschichtung in-vivo im Tiermodell an antiadhäsiv beschichteten Titanimplantaten im Vergleich zu unmodifizierten Standardimplantaten als Kontrolle analysiert. Dazu wurden plasma-beschichtete Titanimplantate submuskulär im Bereich der proximalen Tibia beim Kaninchen für verschiedene Zeiträume implantiert. Derzeit erfolgt die histologische Aufarbeitung der Proben.

### Kontakt

Dr. Renate Förch  
Gruppenleiterin  
Bio-Nano-Grenzflächen  
Telefon +49 6131 990-473  
[renate.horn-foerch@imm.fraunhofer.de](mailto:renate.horn-foerch@imm.fraunhofer.de)



# MAusKat – DETEKTION VON GEFAHRSTOFFEN IN KRITISCHEN INFRASTRUKTUREN

## Vermeidung ziviler Katastrophen

Flucht- und Rettungswege in komplexen Gebäuden wie Flughäfen, Kaufhäusern oder U-Bahnhöfen werden idealerweise so geplant, dass sie flüchtende Personen auf den kürzesten Wegen ins Freie führen. Es muss aber auch sichergestellt werden, dass diese Rettungswege nicht aufgrund der Struktur eines Bauwerks gleichzeitig zu Strömungswegen für Rauch und andere gesundheitsschädliche Gase und somit unbrauchbar werden. Reale Vorkommnisse in der Vergangenheit haben aufgezeigt, dass die Planung von Fluchtwegen und Aufstellung von Rettungsplänen alleine am Reißbrett nicht adäquat und umfassend zu erfüllen ist. Betreiberorganisationen und Rettungskräfte brauchen exakte und zuverlässige Informationen, und zwar im Vorfeld eines Zwischenfalls. Hier setzt das vom Fraunhofer ICT-IMM im Projekt MAusKat entwickelte Mess- und Analysesystem an, dessen Herzstück eine mobile und infrastrukturunabhängige Sensorplattform ist. In einer Testsituation bringt man in bestehenden Gebäuden ein ungefährliches Tracergas aus, üblicherweise SF<sub>6</sub>, und erfasst dann an verschiedenen Messpunkten die Strömung, Ausbreitung und Konzentration des Gases. Auf Basis dieser Daten können mittels einer Prognosesoftware die Ausbreitungswege von gasförmigen Gefahrstoffen oder luftgetragenen Agenzien für verschiedene Zustände (z. B. mit oder ohne Belüftung, div. Wettersituationen) in komplexen Gebäudestrukturen nachvollzogen werden. Das System erlaubt die Beurteilung und Ausweisung der vorherrschenden und der wahrscheinlichsten Schadstoffausbreitung und damit die Kontamination verschiedenster geschlossener und halboffener Infrastrukturen mit gefährlichen Stoffen.

## Ergebnisse und Ausblick

Fraunhofer ICT-IMM hat zu diesem Zweck ein modulares, vernetztes Sensor- und Analysesystem für die Strömungs- und Immissionsmesstechnik konzipiert und aufgebaut. Das Analysesystem stellt die Infrastruktur zur sensorgestützten Datenerhebung, Vernetzung, Kommunikation und Informativverdichtung bereit und übernimmt folgende Aufgaben: die

Aufnahme und Verarbeitung von örtlich verteilten chemischen und physikalischen Sensordaten, die Bereitstellung von Information über klimatische Bedingungen und den zeitlichen Verlauf der Tracergaskonzentration sowie die technologische Zusammenführung und Implementierung der Information in ein Analysesystem. Die Sensorplattform erfasst neben der Konzentration des Tracergases noch die klimatologischen Messgrößen, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck sowie die Windgeschwindigkeit in x, y und z Richtung mittels eines Ultraschallanemometers. Die erfassten Messgrößen werden im Intervall von einer Sekunde auf einem internen Speicherchip gespeichert und mit einem hochpräzisen Zeitstempel versehen, so dass die Messdaten der einzelnen Plattformen untereinander vergleichbar sind. Aufgrund der Kernforderung „infrastrukturunabhängig“ ist jede Sensorplattform mit einer netzunabhängigen Spannungsversorgung (Akku) ausgestattet, die einen Betrieb von mehr als 24 Stunden gewährleistet. Bei Bedarf kann die Plattform auch an ein bestehendes Hausnetz angeschlossen werden.

Es wurden Tests unter anderem in Kaufhäusern, Auditorien und U-Bahnsystemen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass mit Hilfe der neuen Analysemesstechnik eine genauere und zeitnahe Darstellung der klimatologischen Verhältnisse auch in komplexen Infrastrukturen über einen langen Zeitraum und über große räumliche Distanzen möglich ist. Weiterhin können die Messpunkte flexibel gewählt werden. Der personelle Aufwand beschränkt sich auf die Installation des Messsystems und die sich anschließende Auswertung der Messdaten.

## Kontakt

Dr. Karin Potje-Kamloth  
Abteilungsleiterin Mikrofluidische  
Analysesysteme  
Telefon +49 6131 990-247  
karin.potje-kamloth@imm.fraunhofer.de



## POCYTON – MINIATURISIERTE DURCHFLUSSZYTOMETRIE

### Vor-Ort Charakterisierung von Zellpopulationen

Mit dem Prinzip der Durchflusszytometrie werden seit mehr als vier Jahrzehnten in der biologischen Grundlagenforschung und der medizinischen Diagnostik Zellpopulationen in Suspension anhand biologischer Marker in großen Stückzahlen charakterisiert. Der Markt ist geprägt von mehreren großen Anbietern, die ihn mit großen und ausgesprochen leistungsfähigen Laborinstrumenten bedienen. Die derzeit dominierenden Laborgeräte sind allerdings nur von Experten bedienbar und bedürfen täglicher Kalibrierung und regelmäßiger Reinigung und Wartung. Für die zukünftige Marktentwicklung werden anwendungsspezifische und einfach bedienbare Geräte für den dezentralen Einsatz sowie automatisierte Systeme mit integrierter fluoreszenz-basierender Zellzählsensorik das Wachstum tragen.

### Ergebnisse und Ausblick

Am ICT-IMM wurde im Rahmen des ERC-Starting Grants PoCytton Technologie erarbeitet, die es erlaubt, die Durchflusszytometrie kosteneffizient zu miniaturisieren und einfacher handhabbar zu machen. Es konnte gezeigt werden, dass die Sensitivität der Technologie für relevante medizinische und biologische Fragestellungen ausreicht, z. B. anhand von Legionellenzählung in Trinkwasser oder der Erkennung zirkulierender Tumorzellen in Patientenblut. Zwei wesentliche Innovationen machen dies möglich. Zum einen eine platzsparende und einfach handhabbare Einkopplung des Anregungslichtes in das Einweg-

system und zum anderen bei Bedarf eine empfindlichkeitsverstärkende räumliche Modulation des Fluoreszenzsignales. Neben dem Potential zur Miniaturisierung der Durchflusszytometrie liefert unsere Technologie zusätzliche Information über Partikel- und Zellmorphologie. Im Verfahren werden drei Parameter bestimmt: der Zeitpunkt des Transits durch den Messkanal, die Fluoreszenzintensität und die Transportgeschwindigkeit. Aus der neuen Messgröße Geschwindigkeit der Objekte im Messkanal können bei geeigneter Einstellung der hydrodynamischen Transportbedingungen wertvolle Rückschlüsse über Größe und Verformbarkeit gezogen werden. So konnte erstmals gezeigt werden, dass für starre Mikrokugeln eine starke Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Größe besteht, die es erlaubt, den Partikeldurchmesser mit extremer Präzision (besser 0,1 %) und hoher Statistik ( $10^4$ - $10^5$  Ereignisse pro Minute) zu bestimmen. Ähnliche interessante Abhängigkeiten bestehen für biologische Zellen, für die aus der Größenabhängigkeit der Geschwindigkeit auf den Zellstatus (lebend, tot) geschlossen werden kann.

### Kontakt

Dr. Michael Baßler  
Gruppenleiter  
Biophysikalische Analytik  
Telefon +49 6131 990-399  
michael.bassler@imm.fraunhofer.de

# NEUWalk – PIONIERARBEIT IN DER NEUROPROTHETIK

## Herstellung von Bewegungsfunktionen nach schweren Rückenmarksverletzungen

Für Menschen mit schweren Rückenmarksverletzungen gibt es derzeit keine Aussicht auf Heilung, sie bleiben an den Rollstuhl gefesselt. Im EU-Projekt NEUWalk, das mit rund neun Millionen Euro gefördert wurde, untersuchte ein Konsortium unter Koordination des Fraunhofer ICT-IMM eine neue Technik, die Bewegungsfunktionen nach schweren Rückenmarksverletzungen wiederherstellen soll. Das Verfahren beruht auf der elektrischen Stimulation der Nervenbahnen im Rückenmark, wobei die Stimulation unterhalb der verletzten Stelle erfolgen muss, da die Nervenzellen dort keine Informationen mehr aus dem Gehirn erhalten.



## Ergebnisse und Ausblick

Hierfür wurden am Fraunhofer ICT-IMM flexible, hauchdünne Mikroelektrodenarrays entwickelt, die im Spinalkanal auf dem Rückenmark implantiert werden. Diese vielkanaligen Elektrodenarrays reizen die Nervenbahnen mit elektronischen Impulsen, die von einem ebenfalls implantierten Neurostimulator ausgelöst werden. Die unterschiedlichen Elektroden des Arrays liegen in der Umgebung der Nervenwurzeln, die für die Bewegungsfunktionen zuständig sind. Sie müssen in bestimmten zeitlichen Abfolgen mit Pulsmustern angesteuert werden, um Bewegungsabläufe zu modellieren und die Motorik zu unterstützen.

In Tests mit Ratten, deren Rückenmark nicht vollständig durchtrennt war, konnte gezeigt werden, dass die Stimulation des Rückenmarks in Kombination mit einem Medikamentencocktail und einem Rehabilitationstraining zu Erfolgen führt. Die Tiere konnten nicht nur Gehbewegungen ausführen, sondern sogar rennen, Stufen erklimmen und Hindernisse überwinden. Im Blick auf querschnittsgelähmte Menschen ist es das Ziel, diesen eine gewisse Selbstständigkeit wiederzugeben, so dass sie sich beispielsweise in ihrer Wohnung bewegen oder kurze Strecken zurücklegen können. Ende 2014 wurde ein Pilotpatient erfolgreich implantiert. Die ersten Wochen haben bereits gezeigt, dass die erforderliche externe Kraftunterstützung beim Stehen und Gehen mit einem Trainingsroboter auf die Hälfte reduziert werden konnte. Dennoch wird es noch Jahre dauern, bis das System marktreif ist. Die Wirksamkeit elektrischer Rückenmarksstimulation muss in klinischen Studien an einer größeren Anzahl von Patienten bestätigt werden.

### Kontakt

Dr. Peter Detemple  
Abteilungsleiter Medizinische  
Sonden und Technische Sensorik  
Telefon +49 6131 990-318  
[peter.detemple@imm.fraunhofer.de](mailto:peter.detemple@imm.fraunhofer.de)



# ANHANG



# MESSEN & VERANSTALTUNGEN 2014

Das ICT-IMM stellt seine Innovationen und Projektergebnisse intensiv auf Messen und Veranstaltungen vor. Messen, wie zum Beispiel die Hannover Messe, die Sensor + Test oder auch die Achema, sind als zentrales Branchenevent gesetzt. Im Gespräch mit unseren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern identifizieren wir jedes Jahr neue Ausstellungsmöglichkeiten, die unseren Innovationen einen geeigneten Rahmen bieten.

<b>Veranstaltung</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Land / Stadt</b>
10 <sup>th</sup> International Hydrogen & Fuel Cell Expo (FC EXPO 2014)	26.–28.2.2014	Japan / Tokyo
Kooperationskongress Medizintechnik 2014 „Innovationen aus Wissenschaft und Zulieferindustrie für die Medizintechnik“	26.–27.3.2014	Deutschland / Erlangen
analytica - 24. Internationale Leitmesse für Labortechnik, Analytik, Biotechnologie und analytica Conference	1.–4.4.2014	Deutschland / München
4 <sup>th</sup> International Congress on Green Process Engineering	7.–10.4.2014	Spanien / Sevilla
Hannover Messe	7.–11.4.2014	Deutschland / Hannover
ILA Berlin Air Show 2014	20.–25.5.2014	Deutschland / Berlin
SENSOR + TEST 2014, DIE MESSTECHNIK-MESSE	3.–5.6.2014	Deutschland / Nürnberg
IMRET – 13 <sup>th</sup> International Conference on MicroREaction Technology	23.–25.6.2014	Ungarn / Budapest
AACC 2014 Annual Meeting & Clinical Lab Expo	27.–31.7.2014	USA / Chicago
2. Münchner POCT Symposium	15.–17.9.2014	Deutschland / München
ProcessNet-Jahrestagung	30.9.–2.10.2014	Deutschland / Aachen
World of Energy Solutions - fcell	6.–8.10.2014	Deutschland / Stuttgart
Kongress und Ideenmesse der Zukunftsinitiative Rheinland-Pfalz (ZIRP)	6.10.2014	Deutschland / Mainz
48. DGBMT Jahrestagung	8.–10.10.2014	Deutschland / Hannover



# KONFERENZEN 2014

Das Fraunhofer ICT-IMM ist ein angesehenes Mitglied der Forschungs- und Entwicklungslandschaft in Deutschland.

Darüber hinaus sind unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gern gesehene Gäste auf internationalen Konferenzen. Im Rahmen des Institutskolloquiums halten auch externe Wissenschaftler aus Industrie und Forschung Gastvorträge am ICT-IMM.

<b>Veranstaltung</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Land / Stadt</b>
Spie Photonics West	1.–6.2.2014	USA/San Francisco
ATTD – International Conference on Advanced Technologies & Treatments for Diabetes, 7	5.–8.2.2014	Österreich/Wien
EU Biorefinery Projects Final Conference	11.–12.2.2014	Belgien/Brüssel
Biological Responses to Nanoscale Particles	4.3.2014	Deutschland/Fulda
Annual World Bio Markets Congress & Exhibition, 9	4.–6.3.2014	Niederlande/Amsterdam
EHEC – European Hydrogen Conference	12.–14.3.2014	Spanien/Sevilla
IWMPI – International Workshop on Magnetic Particle Imaging, 4	27.–29.3.2014	Deutschland/Berlin
4 <sup>th</sup> International Congress on Green Process Engineering	7.–10.4.2014	Spanien/Sevilla
SPIE Photonics Europe	14.–17.5.2014	Belgien/Brüssel
Austrian Biomarker Symposium – Early Diagnostics, 2	31.3.–1.4.2014	Österreich/Wien
ProcessNet Jahrestreffen Reaktionstechnik, 2014	28.–30.4.2014	Deutschland/Würzburg
iconBM – International Conference on BioMass	4.–7.5.2014	Italien/Florenz
SPIE DSS 2014	5.–9.5.2014	USA/Baltimore
REGATEC – International Conference on Renewable Energy Gas Technology, 1	22.–23.5.2014	Sweden/Malmö
10 <sup>th</sup> International Conference on Advances in Fluid Mechanics (AFM 2014)	1.–3.6.2014	Spanien/A Coruña
IMT – International Meeting on Thermodiffusion, 11	2.–6.6.2014	Frankreich/Bayonne
International Conference on the Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers, 10	10.–14.6.2014	Deutschland/Dresden

IMRET – 13 <sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology	23.–25.6.2014	Ungarn / Budapest
Fundamentals and applications of cerium dioxide in catalysis	11.–14.7.2014	Italien / Udine
World Renewable Energy Congress XIII	3.–8.8.2014	England / London
ORCHEM 2014	15.–17.9.2014	Deutschland / Weimar
PSE – Plasma Surface Engineering Conference, 2014	15.–19.9.2014	Deutschland / Garmisch-Partenkirchen
Dornbirn-MFC – Dornbirn Man-made fibers congress, 54	16.–18.9.2014	Österreich / Dornbirn
20. Ostwald-Kolloquium	17.–19.9.2014	Deutschland / Mainz
MPI symposium: Automation in chemistry: Carbohydrate synthesis and continuous flow	21.–25.9.2014	Deutschland / Rottach-Egern
EC Workshop on Industrial Safety	24.9.2014	Belgien / Brussels
XXI Int. Conference on Chemical Reactors	22.9.–25.9.2014	Niederlande / Delft
ProcessNet-Jahrestagung, 2014	30.9.–2.10.2014	Deutschland / Aachen
ZIRP – Kongress und Ideenmesse der Zukunftsinitiative Rheinland-Pfalz: Nachhaltig erfolgreich wirtschaften	6.10.2014	Deutschland / Mainz
CECAM – Multiscale simulation methods for soft matter systems	6.–8.10.2014	Deutschland / Mainz
MFHS – International Conference on Microfluidic Handling Systems, 2	8.–10.10.2014	Deutschland / Freiburg
The ETP Nanomedicine Annual Event	15.–16.10.2014	Spanien / San Sebastian
AVS 61 <sup>st</sup> International Symposium	9.–14.11.2014	USA / Baltimore
AIChE Annual Meeting, 14	16.–21.11.2014	USA / Atlanta



International Symposium of the Collaborative Research Center, 3	23.–24.10.2014	Deutschland/Berlin
Annual Meeting of the Society for Neuroscience	15.–19.11.2014	USA/Washington DC
NRW Nanokonferenz, 6	1.–2.12.2014	Deutschland/Dortmund
CAMURE – CAalysis in MULTiphase REactors, 9	7.–10.12.2014	Frankreich/Lyon

# PUBLIKATIONEN

## ARTIKEL IN BEGUTACHTETEN ZEITSCHRIFTEN

- 01 | Bratskaya, S.; Mironenko, A.; Koivula, R.; Synytska, A.; Musyanovych, A.; Simon, F.; Marinin, D.; Göbel, M.; Harjula, R.; Avramenko, V.:  
**POLYMER-INORGANIC COATINGS CONTAINING NANOSIZED SORBENTS SELECTIVE TO RADIONUCLIDES. 2. LATEX/TIN OXIDE COMPOSITES FOR COBALT FIXATION**  
In: ACS Applied Materials and Interfaces 6 (2014) 24, 22387-22392
- 02 | Kreyling, W.G.; Hirn, S.; Möller, W.; Schleh, C.; Wenk, A.; Celik, G.; Lipka, J.; Schäffler, M.; Haberl, N.; Johnston, B.D.; Sperling, R.; Schmid, G.; Simon, U.; Parak, W.J.; Semmler-Behnke, M.:  
**AIR-BLOOD BARRIER TRANSLOCATION OF TRACHEALLY INSTILLED GOLD NANOPARTICLES INVERSELY DEPENDS ON PARTICLE SIZE**  
In: ACS Nano 8 (2014) 1, 222-233
- 03 | Treuel, L.; Brandholt, S.; Maffre, P.; Wiegele, S.; Shang, L.; Nienhaus, G.U.:  
**IMPACT OF PROTEIN MODIFICATION ON THE PROTEIN CORONA ON NANOPARTICLES AND NANOPARTICLE – CELL INTERACTIONS**  
In: ACS Nano 8 (2014) 1, 503-513
- 04 | Joda, H.; Beni, V.; Alakulppi, N.; Partanen, J.; Lind, K.; Strömbom, L.; Latta, D.; Höth, J.; Katakis, I.; O'Sullivan, C.K.:  
**MEDIUM-HIGH RESOLUTION ELECTROCHEMICAL GENOTYPING OF HLA-DQ2/DQ8 FOR DETECTION OF PREDISPOSITION TO COELIAC DISEASE**  
In: Analytical and Bioanalytical Chemistry 406 (2014) 12, 2757-2769
- 05 | Izquierdo, U.; Wichert, M.; Barrio, V.L.; Kolb, G.:  
**SUSTAINABLE SYNGAS PRODUCTION FROM ETHYLENE GLYCOL REFORMING PROCESSES USING Rh-BASED CATALYSTS IN MICROREACTORS**  
In: Applied Catalysis B 152-153 (2014) 6, 19-27
- 06 | Docter, D.; Bantz, C.; Westmeier, D.; Galla, H.J.; Wang, Q.; Kirkpatrick, C.J.; Nielsen, P.; Maskos, M.; Stauber, R.H.:  
**THE PROTEIN CORONA PROTECTS AGAINST SIZE- AND DOSE-DEPENDENT TOXICITY OF AMORPHOUS SILICA NANOPARTICLES**  
In: Beilstein Journal of Nanotechnology (2014) 5, 1380-1392
- 07 | Bantz, C.; Koshkina, O.; Lang, T.; Galla, H.-J.; Kirkpatrick, C.J.; Stauber, R.H.; Maskos, M.:  
**THE SURFACE PROPERTIES OF NANOPARTICLES DETERMINE THE AGGLOMERATION STATE AND THE SIZE OF THE PARTICLES UNDER PHYSIOLOGICAL CONDITIONS**  
In: Beilstein Journal of Nanotechnology (2014) 5, 1774-1786
- 08 | Ahlberg, S.; Antonopoulos, A.; Diendorf, J.; Dringen, R.; Epple, M.; Flöck, R.; Goedecke, W.; Graf, C.; Haberl, N.; Helmlinger, J.; Herzog, F.; Heuer, F.; Hirn, S.; Johannes, C.; Kittler, S.; Köller, M.; Korn, K.; Kreyling, W.G.; Krombach, F.; Lademann, J.; Loza, K.; Luther, E.M.; Malissek, M.; Meinke, M.C.; Nordmeyer, D.; Pailliant, A.; Raabe, J.; Rancan, F.; Rothen-Rutishauser, B.; Rühl, E.; Schleh, C.; Seibel, A.; Sengstock, C.; Treuel, L.; Vogt, A.; Weber, K.; Zellner, R.:  
**PVP-COATED, NEGATIVELY CHARGED SILVER NANOPARTICLES: A MULTI-CENTER STUDY OF THEIR PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS, CELL CULTURE AND IN VIVO EXPERIMENTS**  
In: Beilstein Journal of Nanotechnology (2014) 5, 1944-1965
- 09 | Eslahian, K.A.; Lang, T.; Bantz, C.; Keller, R.; Sperling, R.; Docter, D.; Stauber, R.H.; Maskos, M.:  
**CHARACTERIZATION OF NANOPARTICLES UNDER PHYSIOLOGICAL CONDITIONS**  
In: Bioanalytical Reviews (2014)
- 10 | Dwivedi, M.V.; Harishchandra, R.K.; Koshkina, O.; Maskos, M.; Galla, H.-J.:  
**SIZE INFLUENCES THE EFFECT OF HYDROPHOBIC NANOPARTICLES ON LUNG SURFACTANT MODEL SYSTEMS**  
In: Biophysical Journal 106 (2014) 1, 289-298



- 11| Ben Mohammadi, L.; Klotzbücher, T.; Sigloch, S.; Welzel, K.; Göddel, M.; Pieber, T.R.; Schaupp, L.:  
**IN VIVO EVALUATION OF A CHIP BASED NEAR INFRARED SENSOR FOR CONTINUOUS GLUCOSE MONITORING**  
 In: Biosensors and Bioelectronics 53 (2014), 99-104
- 12| Dulay, S.B.; Gransee, R.; Julich, S.; Tomaso, H.; O'Sullivan, C.K.:  
**AUTOMATED MICROFLUIDICALLY CONTROLLED ELECTROCHEMICAL BIOSENSOR FOR THE RAPID AND HIGHLY SENSITIVE DETECTION OF FRANCISELLA TULARENSIS**  
 In: Biosensors and Bioelectronics 59 (2014) 9, 342-349
- 13| Neuberg, S.; Pennemann, H.; Wiborg, J.O.; Wichert, M.; Zapf, R.; Ziogas, A.; Kolb, G.:  
**THERMOCATALYTIC DECOMPOSITION OF PROPANE FOR PURE HYDROGEN PRODUCTION AND SUBSEQUENT CARBON GASIFICATION: ACTIVITY AND LONG-TERM STABILITY OF Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> BASED CATALYSTS**  
 In: Catalysis Today 242 (2015) Part A, 139-145
- 14| Illner, S.; Hofmann, C.; Löb, P.; Kragl, U.:  
**A FALLING FILM MICRO-REACTOR FOR ENZYMATIC OXIDATION OF GLUCOSE**  
 In: ChemCatChem 6 (2014) 6, 1748-1754
- 15| Ghaini, A.; Balon-Burger, M.; Bogdan, A.; Krtschil, U.; Löb, P.:  
**MODULAR MICRO-STRUCTURED REACTORS FOR PILOT- AND PRODUCTION SCALE CHEMISTRY**  
 In: Chemical Engineering and Technology 38 (2015) 1, 33-43
- 16| Wang, Q.; Spasova, B.; Hessel, V.; Kolb, G.:  
**METHANE REFORMING IN A SMALL-SCALED PLASMA REACTOR – INDUSTRIAL APPLICATION OF A PLASMA PROCESS FROM THE VIEWPOINT OF THE ENVIRONMENTAL PROFILE**  
 In: Chemical Engineering Journal 262 (2015), 766-774
- 17| Schürer, J.; Thiele, R.; Wiborg, J.O.; Ziogas, A.; Kolb, G.:  
**SYNTHESIS OF BIODIESEL IN MICROSTRUCTURED REACTORS UNDER SUPERCRITICAL REACTION CONDITIONS**  
 In: Chemical Engineering Transactions 37 (2014), 541-546
- 18| Thybaut, J.; Marin, G.; Mirodatos, C.; Schuurman, Y.; van Veen, A.C.; Sadykov, V.; Pennemann, H.; Bellinghausen, R.; Mleczko, L.:  
**A NOVEL TECHNOLOGY FOR NATURAL GAS CONVERSION BY MEANS OF INTEGRATED OXIDATIVE COUPLING AND DRY REFORMING OF METHANE**  
 In: Chemie Ingenieur Technik 86 (2014) 11, 1855-1870
- 19| Ott, D.; Kralisch, D.; Dencic, I.; Hessel, V.; Laribi, Y.; Perrichon, P.D.; Berguerand, C.; Kiwi-Minsker, L.; Löb, P.:  
**LIFE CYCLE ANALYSIS WITHIN PHARMACEUTICAL PROCESS OPTIMIZATION AND INTENSIFICATION: CASE STUDY OF ACTIVE PHARMACEUTICAL INGREDIENT PRODUCTION**  
 In: ChemSusChem 7 (2014) 12, 3521-3533
- 20| Spiess, A.-N.; Deutschmann, C.; Burdukiewicz, M.; Himmelreich, R.; Klat, K.; Schierack, P.; Rödiger, S.:  
**IMPACT OF SMOOTHING ON PARAMETER ESTIMATION IN QUANTITATIVE DNA AMPLIFICATION EXPERIMENTS**  
 In: Clinical Chemistry (2015)
- 21| Kolb, G.; O'Connell, M.; Kiesewalter, S.:  
**ENERGY SYSTEMS FOR A GREENER FUTURE**  
 In: Green Processing and Synthesis 3 (2014) 1, 81-84
- 22| Izquierdo, U.; Wichert, M.; Kolb, G.; Barrio, V.L.; Zapf, R.; Ziogas, A.; Neuberg, S.; Ariasa, P.; Cambra, J.:  
**MICRO REACTOR HYDROGEN PRODUCTION FROM ETHYLENE GLYCOL REFORMING USING Rh CATALYSTS SUPPORTED ON CeO<sub>2</sub> AND La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PROMOTED  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**  
 In: International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 10, 5248-5256
- 23| Spasova, B.; Tiemann, D.; O'Connell, M.; Ziogas, A.; Kolb, G.; Hessel, V.:  
**SYNTHESIS GAS PRODUCTION FROM METHANE AND PROPANE IN A MINIATURIZED GlidArc® REFORMER**  
 In: International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 24, 12657-12666
- 24| Kolb, G.; Berry, D.A.; Shekhawat, D.:  
**EDITORIAL. SPECIAL SECTION: FUEL PROCESSING FOR HYDROGEN PRODUCTION**  
 In: International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 31, 17952



- 25| Neuberg, S.; Keller, S.; O'Connell, M.; Schürer, J.; Thiele, R.; Zapf, R.; Ziogas, A.; Kolb, G.:  
**EFFECT OF OXYGEN ADDITION ON THE WATER GAS SHIFT REACTION OVER Pt/CeO<sub>2</sub> CATALYSTS IN MICROCHANNELS – RESULTS FROM CATALYST TESTING AND REACTOR PERFORMANCE IN THE kW SCALE**  
In: International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 31, 18120-18127
- 26| Schüle, J.; Minrath, I.; Pommersheim, R.; Löwe, H.:  
**CONTINUOUS-FLOW SYNTHESIS OF Ni(0) NANOPARTICLES USING A CONE CHANNEL NOZZLE OR A MICRO COAXIAL-INJECTION MIXER**  
In: Journal of Flow Chemistry 4 (2014) 1, 44-53
- 27| Brächer, A.; Hoch, S.; Albert, K.; Kost, H.-J.; Werner, B.; von Harbou, E.; Hasse, H.:  
**THERMOSTATED MICRO-REACTOR NMR PROBE HEAD FOR MONITORING FAST REACTIONS**  
In: Journal of Magnetic Resonance 242 (2014) 5, 155-161
- 28| Strobel, C.; Torrano, A.A.; Herrmann, R.; Malissek, M.; Bräuchle, C.; Reller, A.; Treuel, L.; Hilger, I.:  
**EFFECTS OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF TITANIUM DIOXIDE NANOPARTICLES, COMMONLY USED AS SUN PROTECTION AGENTS, ON MICROVASCULAR ENDOTHELIAL CELLS**  
In: Journal of Nanoparticle Research 16 (2014) 1, 2130
- 29| Grass, S.; Treuel, L.:  
**MECHANISTIC ASPECTS OF PROTEIN CORONA FORMATION: INSULIN ADSORPTION ONTO GOLD NANOPARTICLE SURFACES**  
In: Journal of Nanoparticle Research 16 (2014) 2, 2254
- 30| Arnold, S.; Neumann, F.; Reiff, E.-C.:  
**PIEZOAKTOREN BESCHLEUNIGEN DIE FERTIGUNG VON PRÄZISIONSBAUTEILEN**  
In: Konstruktion (2014) 6, 22-25
- 31| Lee, M.; Collins, J.W.; Aubrecht, D.M.; Sperling, R.; Solomon, L.; Ha, J.-W.; Yi, G.-R.; Weitz, D.A.:  
**SYNCHRONIZED REINJECTION AND COALESCENCE OF DROPLETS IN MICROFLUIDICS**  
In: Lab on a Chip 14 (2014) 3, 509-513
- 32| Heirstraeten, L.V.; Spang, P.; Schwind, C.; Drese, K.S.; Ritzi-Lehnert, M.; Nieto, B.; Camps, M.; Landgraf, B.E.; Guasch, F.; Corbera, A.H.; Samitier, J.; Goossens, H.; Malhotra-Kumar, S.; Röser, T.:  
**INTEGRATED DNA AND RNA EXTRACTION AND PURIFICATION ON AN AUTOMATED MICROFLUIDIC CASSETTE FROM BACTERIAL AND VIRAL PATHOGENS CAUSING COMMUNITY-ACQUIRED LOWER RESPIRATORY TRACT INFECTIONS**  
In: Lab on a Chip 14 (2014) 9, 1519-1526
- 33| Sommer, C.; Quint, S.; Spang, P.; Walther, T.; Bäßler, M.:  
**THE EQUILIBRIUM VELOCITY OF SPHERICAL PARTICLES IN RECTANGULAR MICROFLUIDIC CHANNELS FOR SIZE MEASUREMENT**  
In: Lab on a Chip 14 (2014) 13, 2319-2326
- 34| Musyanovych, A.; Landfester, K.:  
**POLYMER MICRO- AND NANOCAPSULES AS BIOLOGICAL CARRIERS WITH MULTIFUNCTIONAL PROPERTIES**  
In: Macromolecular Bioscience 14 (2014) 4, 458-477
- 35| Urban, M.; Freisinger, B.; Ghazy, O.; Staff, R.; Landfester, K.; Crespy, D.; Musyanovych, A.:  
**POLYMER JANUS NANOPARTICLES WITH TWO SPATIALLY SEGREGATED FUNCTIONALIZATIONS**  
In: Macromolecules 47 (2014) 20, 7194-7199
- 36| Taheri, S.; Baier, G.; Majewski, P.; Barton, M.; Förch, R.; Landfester, K.; Vasilev, K.:  
**SYNTHESIS AND SURFACE IMMOBILIZATION OF ANTIBACTERIAL HYBRID SILVER-POLY(L-LACTIDE) NANOPARTICLES**  
In: Nanotechnology 25 (2014) 30, 305102 (11p)
- 37| Campàs, O.; Mammoto, T.; Hasso, S.; Sperling, R.; O'Connell, D.; Bischof, A.G.; Maas, R.; Weitz, D.A.; Mahadevan, L.; Ingber, D.E.:  
**QUANTIFYING CELL-GENERATED MECHANICAL FORCES WITHIN LIVING EMBRYONIC TISSUES**  
In: Nature Methods 11 (2014), 183-189
- 38| Freese, C.; Schreiner, D.; Anspach, L.; Bantz, C.; Maskos, M.; Unger, R.E.; Kirkpatrick, C.J.:  
**IN VITRO INVESTIGATION OF SILICA NANOPARTICLE UPTAKE INTO HUMAN ENDOTHELIAL CELLS UNDER PHYSIOLOGICAL CYCLIC STRETCH**  
In: Particle and Fibre Toxicology 11 (2014) 68

39| Treuel, L.; Eslahian, K.A.; Docter, D.; Lang, T.; Zellner, R.; Nienhaus, K.; Nienhaus, G.U.; Stauber, R.H.; Maskos, M.:  
**PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF NANOPARTICLES, AND THEIR BEHAVIOR IN THE BIOLOGICAL ENVIRONMENT**  
In: Physical Chemistry Chemical Physics 16 (2014) 29, 15053-15067

40| Ruiz, J.-C.; Taheri, S.; Michelmore, A.; Robinson, D.E.; Short, R.D.; Vasilev, K.; Förch, R.:  
**APPROACHES TO QUANTIFY AMINE GROUPS IN THE PRESENCE OF HYDROXYL FUNCTIONAL GROUPS IN PLASMA POLYMERIZED THIN FILMS**  
In: Plasma Processes and Polymers 11 (2014) 9, 888-896

41| Eslahian, K.A.; Majee, A.; Maskos, M.; Würger, A.:  
**SPECIFIC SALT EFFECTS ON THERMOPHORESIS OF CHARGED COLLOIDS**  
In: Soft Matter 10 (2014) 12, 1931-1936

#### ARTIKEL IN ANDEREN ZEITSCHRIFTEN

42| Löb, P.; Rehm, T.H.; Ghaini, A.; Illg, T.; Lang, J.; Richert, H.:  
**INTEGRATION EINES MIKROREAKTOR-BASIERTEN MULTIPURPOSE-AUFBAUS IN EINE CONTAINERARTIGE PRODUKTIONSINFRASTRUKTUR**  
In: Chemie Ingenieur Technik 86 (2014) 9, 1367

43| Rehm, T.H.; Poeschel, M.; Löb, P.:  
**PHOTOKATALYSE MIT SICHTBAREM LICHT – EINE NACHHALTIGE ANWENDUNG FÜR DEN FALLFILM-MIKROREAKTOR**  
In: Chemie Ingenieur Technik 86 (2014) 9, 1531

44| Krtschil, U.; Schütt, C.; Löb, P.:  
**MIKROWELLENTRANSPARENTER FALLFILMMIKROREAKTOR**  
In: Chemie Ingenieur Technik 86 (2014) 9, 1534-1535

45| Arnold, S.; Neumann, F.; Reiff, E.-C.:  
**GOOD VIBRATIONS: AKTORIK FÜR DIE MIKROSTRUKTURIERUNG MITTELS SENKEROSION**  
In: Digital Engineering Magazin (2014) 6, 38-39

46| Arnold, S.; Neumann, F.; Reiff, E.-C.:  
**GOOD VIBRATIONS: PIEZOAKTOREN BESCHLEUNIGEN MIKROSTRUKTURIERUNG**  
In: Mechatronik 122 (2014) 5, 38-39

47| Arnold, S.; Neumann, F.; Reiff, E.-C.:  
**PIEZOAKTOREN BESCHLEUNIGEN DIE MIKROSTRUKTURIERUNG**  
In: Meditronic-Journal (2014) 2, 26-27

48| Reiff, E.-C.; Arnold, S.; Neumann, F.:  
**SCHNELLER ERODIEREN MIT VIBRATIONSSPINDEL**  
In: Mikroproduktion (2014) 4, 24-28

49| Arnold, S.; Neumann, F.; Reiff, E.-C.:  
**PIEZOAKTOREN BESCHLEUNIGEN DIE MIKROSTRUKTURIERUNG**  
In: PC & Industrie (2014) 5, 88-89

#### BUCH

50| Koltzenburg, S.; Maskos, M.; Nuyken, O.:  
**POLYMERE: SYNTHESE, EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNGEN**  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014  
DOI:10.1007/978-3-642-34773-3

#### BEITRÄGE IN BÜCHERN

51| Bleul, R.; Maskos, M.:  
**POLYMERSOMES AND THEIR BIOLOGICAL IMPLICATIONS**  
In: Bio- and Bioinspired Nanomaterials; Ruiz-Molina D.; Novio F.; Roscini C.(Ed.). – Weinheim: Wiley-VCH, 2014, 49-82  
DOI:10.1002/9783527675821

52| Förch, R.; Duque, L.; Lotz, A.:  
**ANTIMICROBIAL BIOACTIVE POLYMER COATINGS**  
In: Comprehensive Materials Processing  
Volume 4: Films and Coatings: Technology and Recent Development; Cameron D.(Ed.). – Oxford: Elsevier, 2014, 449-461  
DOI:10.1016/B978-0-08-096532-1.00422-2

53| Löwe, H.:  
**INTRODUCTION AND OUTLOOK**  
In: Flow chemistry Volume 1: Fundamentals; Darvas F.; Dormán G.; Hessel V.(Ed.). – Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2014, 3-5  
DOI:10.1515/9783110289169.3

- 54| Rehm, T.H.:  
**CONTINUOUS-FLOW PHOTOCHEMISTRY IN MICROSTRUCTURED ENVIRONMENT**  
In: Flow chemistry Volume 2: Applications; Darvas F.; Dormán G.; Hessel V.(Ed.). – Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2014, 63-98
- 55| Schülein, J.; Löwe, H.:  
**ELECTROCHEMISTRY IN FLOW**  
In: Flow chemistry Volume 2: Applications; Darvas F.; Dormán G.; Hessel V.(Ed.). – Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2014, 99-129
- 56| Binder, K.; Butt, H.-J.; Floudas, G.; Frey, H.; Hsu, H.-P.; Landfester, K.; Kolb, U.; Kühnle, A.; Maskos, M.; Müllen, K.; Paul, W.; Schmidt, M.; Spiess, H.W.; Virnau, P.:  
**STRUCTURE FORMATION OF POLYMERIC BUILDING BLOCKS: COMPLEX POLYMER ARCHITECTURES**  
In: From Single Molecules to Nanoscopically Structured Materials; Basché T.; Müllen K.; Schmidt M.(Ed.): Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, 115-210 (Advances in Polymer Science Bd. 260)  
DOI:10.1007/122013230
- BEITRÄGE IN TAGUNGSBÄNDEN
- 57| Jayamurthy, M.; O'Connell, M.; Zapf, R.; Kolb, G.; Komodromos, C.; Bhattacharya, A.:  
**(438F) INTENSIFIED CATALYTIC REACTOR DESIGN FOR THE CONVERSION OF VOLATILE FATTY ACIDS PRODUCED BY SEWAGE TREATMENT PLANT**  
In: American Institute of Chemical Engineers; Catalysis and Reaction Engineering Division 2013 Annual Meeting. – New York, USA: AIChE, 2014, 532
- 58| Schürer, J.; Keller, S.; Ziozas, A.; Thiele, R.; Kolb, G.:  
**(487B) EFFECT OF OXYGEN ADDITION TO THE FEED OF A 5 kWel MICROSTRUCTURED WATER-GAS SHIFT REACTORS**  
In: American Institute of Chemical Engineers; Catalysis and Reaction Engineering Division 2013 Annual Meeting. – New York, USA: AIChE, 2014, 590
- 59| Ben Mohammadi, L.; Sigloch, S.; Frese, I.; Welzel, K.; Göddel, M.; Klotzbücher, T.:  
**IN VIVO CONTINUOUS GLUCOSE MONITORING USING A CHIP BASED NEAR INFRARED SENSOR**  
In: Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care IV; Popp J.; Tuchin V.V.; Matthews D.L.; Pavone F.S.; Garside P.(Ed.). – Bellingham, WA: SPIE, 2014, 912929-1-912929-9 (Proc. SPIE Bd. 9129)
- 60| Gransee, R.; Schneider, T.; Elyorgun, D.; Strobach, X.; Schunck, T.; Gatscha, T.; Höth, J.:  
**FLUORESCENCE DETECTION IN A LAB-ON-A-CHIP SYSTEMS USING ULTRAFASST NUCLEIC ACID AMPLIFICATION METHODS**  
In: Smart Biomedical and Physiological Sensor Technology XI; Cullum B.M.; McLamore E.S.(Ed.). – Bellingham, WA: SPIE, 2014, 91070P-1-91070P-12 (Proc. SPIE Bd. 9107)
- 61| Kolb, G.:  
**SPECIFIC ASPECTS OF CATALYST, REACTOR AND SYSTEM DESIGN FOR MICROREACTORS IN DISTRIBUTED ENERGY RELATED APPLICATIONS**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 12-13
- 62| Schülein, J.; Löwe, H.; Maskos, M.:  
**HIGH-THROUGHPUT CONTINUOUS SYNTHESIS OF END-CAPPED SILOXANE NANOPARTICLES USING CHLOROSILANES**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 68-69
- 63| Karl, D.; Misuk, V.; Löwe, H.:  
**IMPROVING THE REACTION RATES OF TWO-PHASE REACTIONS**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 83-84
- 64| Misuk, V.; Mai, A.; Rauber, D.; Giannopoulos, K.; Lohse, A.; Karl, D.; Löwe, H.:  
**PALLADIUM CATALYZED CARBON-CARBON CROSS COUPLING REACTIONS IN THERMOREGULATED DOUBLE EMULSIONS**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 106-107
- 65| Rehm, T.H.; Löb, P.:  
**PHOTOCATALYSIS WITH VISIBLE LIGHT: A SUSTAINABLE APPLICATION FOR THE FALLING FILM MICROREACTOR**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 115-116
- 66| Löb, P.; Rehm, T.H.; Ghaini, A.; Kost, H.-J.; Illg, T.; Lang, J.; Richert, H.:  
**MULTIPURPOSE FLOW SYSTEM INTEGRATION INTO CONTAINER-LIKE PRODUCTION INFRASTRUCTURE**  
In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 126



- 67| Eidmann, E.; Ehm, N.; Löwe, H.:  
**CELLULOSE BASED NANOPARTICLES PRECIPITATED FROM THE IONIC LIQUID [BnMIM]DCA DURING A CONTINUOUS EMULSIFICATION TECHNIQUE**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 131-132
- 68| Chaar, M.; Muhler, M.; Pennemann, H.; van Veen, A.C.:  
**CHALLENGES IN THE OXIDATIVE COUPLING OF METHANE EMPLOYING A MICROSTRUCTURED STAINLESS STEEL REACTOR**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 152-153
- 69| Buba, A.E.; Koch, S.; Kunz, H.; Löwe, H.:  
**SYNTHESIS OF N-METHYL AMINO ACIDS IN A FLOW TUBE-IN-TUBE REACTOR WITH A GAS-LIQUID/LIQUID-LIQUID SEMI-PERMEABLE MEMBRANE**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 156-157
- 70| Lohse, A.; Misuk, V.; Löwe, H.:  
**CONDENSATION REACTIONS IN MICROFLOW SYSTEMS**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 157-158
- 71| Misuk, V.; Mai, A.; Giannopoulos, K.; Alobaid, F.; Epple, B.; Löwe, H.:  
**APPLICATION OF DOUBLE EMULSIONS BASED ON PARAMAGNETIC IONIC LIQUIDS**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 159-160
- 72| Habermann, D.; Breuch, D.; Löwe, H.:  
**IONIC LIQUIDS AS PHASE-TRANSFER CATALYSTS IN SUZUKI CROSS-COUPLING REACTIONS IN CONTINUOUS FLOW**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 160-161
- 73| Misuk, V.; Braukmann, S.; Mai, A.; Schmidt, M.; Giannopoulos, K.; Löwe, H.:  
**DROPLED-BASED MULTISTEP CDSE-QD SYNTHESIS IN CONTINUOUS FLOW**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 161-162
- 74| Krtschil, U.; Schütt, C.; Löb, P.:  
**MICROWAVE TRANSPARENT FALLING FILM MICROREACTOR**  
 In: 13<sup>th</sup> International Conference on Microreaction Technology (IMRET13), June 23–25, 2014. – Budapest, Hungary, 2014, 209
- 75| Sommer, C.; Quint, S.; Spang, P.; Walther, T.; Baßler, M.:  
**STUDYING THE SEGRÉ-SILBERBERG EFFECT BY VELOCIMETRY IN MICROFLUIDIC CHANNELS**  
 In: Advances in Fluid Mechanics X; Brebbia C.; Hernández S.; Rahman M.(Ed.). – Coruña, Spain / Southampton, UK: WIT Press, 2014, 265-267 (WIT Transactions on Engineering Sciences Bd. 82)
- 76| Schott, L.; Sommer, C.; Walther, T.; Baßler, M.:  
**CELL SIZE DISCRIMINATION BASED ON THE MEASUREMENT OF THE EQUILIBRIUM VELOCITY IN RECTANGULAR MICROCHANNELS FOR POINT OF CARE DIAGNOSTICS**  
 In: MFHS 2014, 2<sup>nd</sup> International Conference on Microfluidic Handling Systems, October 8–10, 2014, University of Freiburg, Germany. – Freiburg i. Br., 2014, 110-113
- 77| Hoffmann, A.; Potje-Kamloth, K.; Hardt, S.; Baßler, M.:  
**A ROBUST ELECTRICAL SENSOR FOR CONTACTLESS CONTROL OF MOVING PLUGS IN MICROFLUIDIC SYSTEMS WITH HIGH ACCURACY**  
 In: MFHS 2014, 2<sup>nd</sup> International Conference on Microfluidic Handling Systems, October 8–10, 2014, University of Freiburg, Germany. – Freiburg i. Br., 2014, 134-137
- FORSCHUNGSBERICHTE**
- 78| Pennemann, H.; Kolb, G.; Wichert, M.; Wiborg, J.O.:  
**BMBF VERBUNDVORHABEN: MASSENFERTIGUNGSTAUGLICHES REFORMERSYSTEM.**  
 Teilprojekt: Reformer-Brennstoffzellen-APU-System für Freizeitfahrzeuge  
 Berichtszeitraum: 1.8.2010–31.12.2013. – Förderkennzeichen: 0327770D  
 Zuwendungsgeber: BMWI. – Projektträger: PTJ – Projektträger Jülich GmbH. – Mainz, 2014
- 79| Meister, H.; Schmitt, S.:  
**ENTWICKLUNG UND TEST VON PROTOTYPKOMPONENTEN FÜR DIE ITER BOLOMETERDIAGNOSTIK**  
 Berichtszeitraum: 1.10.2008–30.11.2013; . – Förderkennzeichen: 03FUS006  
 Zuwendungsgeber: BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. – Garching, 2014



- 80| Welzel, K.; Gransee, R.:  
**ENTWICKLUNG VON TECHNOLOGIEN UND KOMPONENTEN FÜR EIN LAB-ON-CHIP SYSTEM MIT ELEKTRONISCHER DETEKTION**  
 Berichtszeitraum: 1.4.2010–30.9.2013; VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. – Förderkennzeichen: 16N10926  
 Zuwendungsgeber: BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. – FP 7. – Mainz, 2014

- 81| Neumann, F.:  
**GESAMTABSCHLUSSBERICHT. VERBUNDVORHABEN: FLEXWEB „ERZEUGUNG VON FÄDEN/GEWEBEN AUF INNOVATIVER KOLLAGENBASIS FÜR DEN TEXTIL- UND MEDIZINBEREICH MIT NEUARTIGER FLEXIBLER WEBTECHNOLOGIE“**  
 Berichtszeitraum: 1.2.2011–31.3.2013. – Förderkennzeichen: 01LY1009-D  
 Zuwendungsgeber: BMBF. – Projektträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. – Mainz, 2014

- 82| Potje-Kamloth, K.; Welzel, K.; Besold, M.:  
**MESSSYSTEM ZUR ERMITTLUNG DER AUSBREITUNG VON GEFÄHRSTOFFEN IN KRITISCHEN INFRA- UND KOMPLEXEN GEBÄUDESTRUKTUREN ZUR VERMEIDUNG ZIVILER KATASTROPHEN. ANFORDERUNGSANALYSE, SENSORPLATTFORM UND INTEGRATION**  
 Berichtszeitraum: 1.5.2011–30.4.2014. – Förderkennzeichen: 13N11677  
 Zuwendungsgeber: BMBF. – Projektträger: VDI Technologiezentrum. – Mainz; Düsseldorf, 2014

#### DISSERTATIONEN

- 83| Eslahian, K.A.:  
**UNTERSUCHUNG DER THERMOPHORESE NEGATIV GELADENER MODELLKOLLOIDE IN WÄSSRIGEN SUSPENSIONEN MITTELS DER THERMISCHEN FELD-FLUSS FRAKTIONIERUNG DISSERTATION.**  
 Von der Fakultät II – Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften Dr. rer. nat., 2014
- 84| Lang, T.:  
**CHARAKTERISIERUNG VON NANOPARTIKEL-PROTEIN-AGGLOMERATEN IN BIOLOGISCH RELEVANTEN MEDIEN**  
 Von der Fakultät II – Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.), 2014

- 85| Quint, S.:  
**DURCHFLUSSZYTOMETRIE NACH DEM PRINZIP DER RÄUMLICH MODULIERTEN FLUORESZENZ**  
 Dissertation, 2014

- 86| Sommer, C.:  
**DIE GRÖSSENABHÄNGIGKEIT DER GLEICHGEWICHTSGESCHWINDIGKEIT VON PARTIKELN BEIM TRANSPORT IN MIKROKANÄLEN**  
 Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. Nat.) genehmigte Dissertation von Christian Sommer aus Wiesbaden, 2014

#### BACHELORARBEITEN

- 87| Kraft, M.:  
**AUTOMATISIERUNG EINES PERFUSIONS-BIOREAKTORS FÜR DIE ZELLKULTUR IN ARTIFIZIELLEN BLUTGEFÄSSEN**  
 Bachelorarbeit. Frankfurt University of Applied Sciences Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Informatik im Studiengang Bioverfahrenstechnik, durchgeführt im Fraunhofer ICT-IMM, 2014
- 88| Schumacher, E.:  
**SIMULATION EINES DROP-ON-DEMAND SYSTEMS FÜR DIE PLASMAINDUZIERTE MASSENSPEKTROMETRIE**  
 Bachelorarbeit. Frankfurt University of Applied Sciences Ingenieurwissenschaften und Informatik, Studiengang Bioverfahrenstechnik, durchgeführt im Fraunhofer ICT-IMM, 2014

#### MASTERARBEITEN

- 89| Schnorr, S.:  
**ENTWICKLUNG EINES OPTISCHEN DETEKTIONSMODULS BASIEREND AUF DER EVANESZENT ANGEREGTEN FLUORESZENZ**  
 Masterarbeit. Hochschule RheinMain, durchgeführt im Fraunhofer ICT-IMM, 2014
- 90| Kretzschmar, T.:  
**AUFBAU UND CHARAKTERISIERUNG EINES OPTOFLUIDISCHEN MIKROREAKTORS FÜR DIE NANOPARTIKELSYNTHESE**  
 Masterarbeit. Fakultät für Chemie, Universität Duisburg-Essen, durchgeführt im Fraunhofer ICT-IMM, 2014

## DIPLOMARBEITEN

91| Poeschel, M.:

**PHOTOKATALYSE MIT SICHTBAREM LICHT IN MIKROSTRUKTURIERTEN REAKTOREN**

Diplomarbeit. Fachbereich Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. In Kooperation mit dem Fraunhofer ICT-IMM, 2014

## PATENTE

92| Gransee, R.; Schaeffer, E.; Drese, K.S.; Kraus, S.; Baier, T.; Schmitz, F.:

**ABDICHTEINRICHTUNG ZUR VERWENDUNG IN EINEM PROBEAUFBEREITUNGSCHIP SOWIE VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

Patentnummer: DE 10 2008 002 675 B4; Prioritätsdatum: 26.6.2008; Veröffentlicht: 6.11.2014

93| Drese, K.S.; Latta, D.; Ritzi-Lehnert, M.; Röser, T.:

**MIKROFLUIDIKCHIP MIT MEHREREN ZYLINDER-KOLBENANORDNUNGEN**

Patentnummer: DE 10 2010 041 833 B4; Prioritätsdatum: 30.9.2010; Veröffentlicht: 15.5.2014

94| Neumann, F.; Linnebach, E.; Kunz, S.:

**ANTRIEBSVORRICHTUNG FÜR ERODIERWERKZEUGE**

Patentnummer: EP 2 214 858 B1; Prioritätsdatum: 8.11.2007; Veröffentlicht: 10.9.2014

95| Schaeffer, E.; Stein, V.:

**MIKROVENTIL ZUR VERWENDUNG IN EINEM MIKROFLUIDIKSYSTEM SOWIE VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

Patentnummer: EP 2 304 292 B1; Prioritätsdatum: 26.6.2008; Veröffentlicht: 30.4.2014

96| Gransee, R.; Schaeffer, E.; Drese, K.S.; Kraus, S.; Baier, T.; Schmitz, F.:

**MICROVALVE AND SEALING DEVICE FOR USE IN A MICROFLUIDICS SYSTEM, AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF**

Patentnummer: US 8,911,688 B2; Prioritätsdatum: 26.6.2008; Veröffentlicht: 16.12.2014

97| Schönfeld, F.; Weniger, M.:

**METHOD FOR MIXING AND/OR CONVEYING, MIXING AND/OR CONVEYANCE DEVICE, AND SAMPLE PROCESSING CHIP COMPRISING SUCH A DEVICE**

Patentnummer: US 8764275 B2; Prioritätsdatum: 24.4.2007; Veröffentlicht: 1.7.2014

# IMPRESSUM

## REDAKTION

Dr. Stefan Kiesevalter  
Antonia Winkler

## SATZ UND GESTALTUNG

2m Advertising GmbH  
[www.2m-advertising.de](http://www.2m-advertising.de)

## DRUCK

H. Kunze GmbH und Partner KG  
[www.kunze-und-partner.de](http://www.kunze-und-partner.de)

## REDAKTIONSSCHLUSS

03/2015

## BILDQUELLEN

Titel, Seite 6, 15, 24-47, 51, 54, 56,  
60, 62, 65, 67, 68, 71, Tobias Hang,  
Fraunhofer ICT-IMM  
Seite 11: Wikimedia Commons  
Seite 13: Fraunhofer ICT  
Seite 50: Diehl Aerospace GmbH  
Seite 53: iStock  
Seite 57: fotolia  
Seite 72: Mumbächer Fotografie

## KONTAKT

Fraunhofer-Institut für  
Chemische Technologie,  
Institutsteil ICT-IMM

Carl-Zeiss-Straße 18-20  
55129 Mainz

Telefon +49 6131 990-0

Fax +49 6131 990-205

[info@imm.fraunhofer.de](mailto:info@imm.fraunhofer.de)  
[www.imm.fraunhofer.de](http://www.imm.fraunhofer.de)

© Fraunhofer ICT-IMM

